

Universitat de Lleida
Escola Politècnica Superior
Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes

Treball de final de carrera

Estudi d'un sistema d'orientació magnètic per dispositius mòbils autònoms

Autor: Sergi Martí Chico

Director: Francisco Clariá Sancho

Juliol de 2010

Índex de continguts

Capítol 1. Introducció.....	5
1.1 Objectiu.....	5
1.2 Solució proposada.....	5
1.3 Estructura i metodologia.....	6
1.4 Abast.....	7
Capítol 2. Fonaments físics.....	8
2.1 Explicació efecte Hall.....	8
Capítol 3. Anàlisi dels components.....	9
3.1 Sensor efecte Hall.....	9
3.2 Característiques del sensor d'efecte Hall allegro a1321.....	10
3.3 Amplificador operacional.....	14
3.4 Característiques INA 122.....	14
Capítol 4. Disseny del circuit.....	18
4.1 Muntatge del circuit.....	18
Capítol 5. Tractament de la senyal.....	21
5.1 Adquisició de dades.....	21
5.2 Filtratge de la senyal.....	22
5.3 Adquisició de dades.....	25
5.4 Compensació temperatura.....	27
5.5 Utilització en temps real.....	32
Capítol 6. Valoració de costos i material utilitzat.....	35
Capítol 7. Conclusions i extensions futures.....	36
7.1 Conclusions.....	36
7.2 Extensions futures.....	36
Capítol 8. Bibliografia.....	37
Capítol 9. Annexos.....	38
Annex A, circuit electrònic.....	38
Annex B, disseny físic del dispositiu.....	39
Annex C, programes utilitzats.....	40

Índex de gràfiques

Gràfica 1: Voltatge vs temperatura sensor Hall.....	13
Gràfica 2: Sensibilitat vs temperatura sensor Hall.....	13
Gràfica 3: voltatge i intensitat vs freqüència.....	16
Gràfica 4: espectre d'amplitud del filtre del sensor Hall.....	23
Gràfica 5: Espectre de fase del filtre del sensor Hall.....	23
Gràfica 6: Espectre d'amplitud del filtre del sensor de temperatura.....	24
Gràfica 7: Espectre de fase del filtre del sensor de temperatura.....	25
Gràfica 8: Senyals dels dos canals sense filtrar.....	26
Gràfica 9: Senyals dels 2 canals i dels sensor de temperatura filtrades amb el filtre FIR.....	27
Gràfica 10: Mitjana de les quatre adquisicions del nord en el canal 1.....	29

Gràfica 11: És la gràfica 10 sense valor mig.....	29
Gràfica 12: Mitjana de totes les dades del canal 1 sense valor mig.....	30
Gràfica 13: Mitjana de totes les dades del canal 2 sense valor mig.....	30
Gràfica 14: Polinomis temperatura.....	31
Gràfica 15: Demostració del funcionament del dispositiu.....	34

Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1: Organigrama projecte.....	6
Il·lustració 2: Efecte Hall.....	8
Il·lustració 3: Esquema físic sensor Hall.....	12
Il·lustració 4: Patillatge amplificador operacional.....	15
Il·lustració 5: Esquema electrònic amplificador operacional.....	17
Il·lustració 6: Muntatge final.....	20

Agraïments

Vull agrair l'ajuda del professor Francisco Clarià en la realització d'aquest projecte, també agrair Adolf Izquierdo el seu suport en el disseny d'aquest dispositiu i que sempre ha sabut donar-nos un punt de vista diferent.

Capítol 1. Introducció.

La brúixola magnètica des de els seus inicis ha fet ús del camp magnètic terrestre per indicar el nord magnètic, gràcies ha aquest sistema els navegants, viatgers etc, s'han pogut orientar quan els altres sistemes d'orientació (sol, estrelles...) no serveixen per causes meteorològiques. De tal manera que nosaltres aprofitarem aquest sistema quasi infal·lible per poder orientar dispositius mòbils autònoms de forma electrònica, ja que la brúixola convencional amb una agulla magnetitzada no ens serveix pel nostre propòsit.

1.1 Objectiu

Amb aquest projecte es pretén fer un estudi de les possibilitats de l'ús de sensors d'efecte Hall amb el camp magnètic terrestre, amb l'objectiu de poder determinar una posició de referència per a dispositius mòbils guiats de forma autònoma.

1.2 Solució proposada

La idea es utilitzar dos sensors d'efecte Hall contraposats per cada eix de coordenades X i Y, d'aquesta manera d'entrada duplicarem l'amplificació en dos vegades (en l'apartat de disseny s'explicara el motiu d'aquesta decisió), un cop amplificada i filtrada la senyal obtinguda dels sensors, ja estarem en disposició de determinar la posició en la que està orientada el dispositiu.

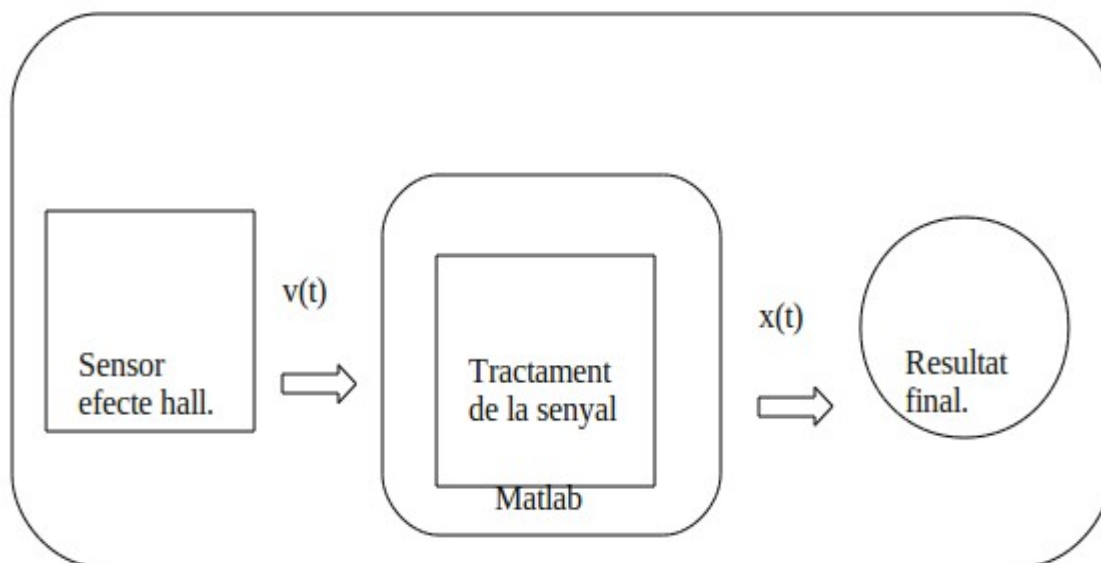
1.3 Estructura i metodologia

Podríem diferenciar els següents grans apartats en aquest projecte.

1. Elecció dels components que formaran el dispositiu, consisteix en escollir els components adequats (basant-nos en les seves especificacions) per aconseguir el nostre objectiu.
2. Disseny del dispositiu, es tracta de crear un sistema electrònic que ens permeti el correcte funcionament del nostre dispositiu i la utilització correcta de tots els components.
3. Tractar la senyal obtinguda, mitjançant Matlab.
4. Obtenció de dades, tracta d'obtindre diferents dades per així poder determinar si es produeixen variacions de la senyal amb la temperatura i si fos el cas corregir-les.

El cos del projecte el formen els apartats 3 i 4 ja que consisteixen en tractar la senyal amb el programa Matlab, per fer-ho es crearan diversos programes per automatitzar aquest tractament.

La següent figura mostra les fases per les que passa el processament de la senyal.



Il·lustració 1: Organigrama projecte

1.4 Abast

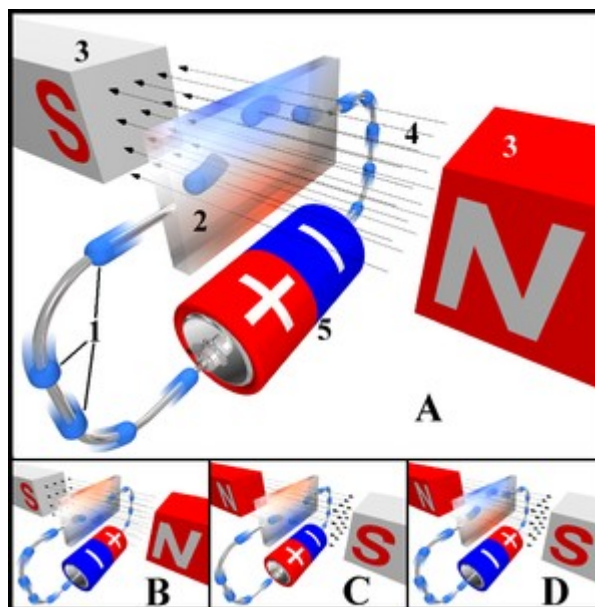
Avui en dia els sensors d'efecte Hall tenen diferents usos en la nostra societat, els mes comuns són els següents: mesures de camps magnètics, mesures de corrent sense potencial, emissor de senyals de contacte, aparells de mesura del gruix de materials. El ús més estes seria com a sensor de posició o detector de components magnètics o metàl·lics, per exemple tancament del cinturó de seguretat, posició del pedal d'acceleració...

El nostre propòsit en aquest projecte es totalment diferent ja que pretenem crear un sistema que ens indiqui una posició de referencia per un sistema mòbil.

Capítol 2. Fonaments físics.

2.1 Explicació efecte Hall

Quan per un material conductor o semiconductor, circula una corrent elèctrica, i estan aquest mateix material dins d'un camp magnètic, es comprova que apareix una força magnètica als portadors de càrrega que es desvien i s'agrupen a un costat del material conductor o semiconductor, apareixen així un camp elèctric perpendicular al camp magnètic i al propi camp elèctric generat per la font d'alimentació. Aquest camp elèctric es anomena camp Hall.



Il·lustració 2: Efecte Hall

1. Electrons
2. Sensor Hall
3. Imants
4. Camp magnètic
5. Font d'energia

El sensor d'efecte Hall es serveix del efecte Hall per mesurar camps magnètics, corrents, o per la determinació de la posició. Si flueix corrent per un sensor Hall i s'aproxima a un camp magnètic que flueix en direcció vertical al sensor, aleshores el sensor crea un voltatge de sortida proporcional al producte de la força del camp magnètic i la corrent.

Capítol 3. Anàlisi dels components.

3.1 Sensor efecte Hall

EL sensor d'efecte Hall escollit ha sigut el Allegro 1321, s'ha escollit aquest sensor perquè ens ofereix una gran sensibilitat 5mV/G . A continuació s'explica el motiu i la idea d'utilitzar dos sensors d'efecte Hall per cada eix de coordenades.

El camp magnètic de la terra (que és el imant que volem mesurar) té una força de 0.5Gauss , d'aquesta manera amb el nostre sensor i utilitzant el camp magnètic terrestre tindrem una variació màxima de $0.5\text{G} \cdot 5\text{mV/G}$ això ens dona que tindrem 2.5mV de diferència entre el nord i el sud.

Aquests sensors Hall tenen un valor mig de tensió de referència positiu, que acostuma a ser el valor mig de la tensió d'alimentació ($V_{cc}/2$). El valor de la tensió Hall varia proporcionalment al voltant d'aquest voltatge de referència quan el sensor es desalinea amb el camp magnètic. En conseqüència, si restem les senyals de sortida de dos sensors contraposats col·locats en línia i ficant-los de tal manera que es trobin perpendiculars al camp magnètic s'obtendria una tensió nul·la. Així que ficant els dos sensors contraposats amplifiquem el resultat el doble ja que farem la diferència entre les seves respectives sortides, exemple: si un sensor varia en 1 volt la seva sortida al aproximar un imant, el seu contraposat també variarà en un volt la seva sortida però en sentit contrari per tant si fem la resta obtenim que hem duplicat la sensibilitat per dos, per tant ara tenim que $0.5\text{G} \cdot 10\text{mV/G}$ són 5mV d'excursió màxima entre nord i sud.

Però aquesta senyal de sortida és massa petita per poder-la tractar directament, per tant haurem d'utilitzar un amplificador operacional, per aquesta tractar hem escollit l'amplificador operacional INA 122, ja que ofereix molt poc soroll.

3.2 Característiques del sensor d'efecte Hall allegro a1321.

Descripció

Aquest sensor d'efecte Hall proporciona una sortida de voltatge que és proporcional al camp magnètic aplicat. En repòs ofereix el 50% de la tensió d'alimentació. Les característiques d'aquest sensor són ideals per diferents aplicacions (automobilisme, orientació...).

Cada sensor té un circuit BiCMOS monolítica que integra un element Hall, la millora dels circuits amb compensació de temperatura per reduir la deriva sensibilitat intrínseca de l'element Hall, una petita senyal de l'amplificador d'alt guany, i un rail-to rail de baixa impedància de l'etapa de sortida.

A més a més aquest sensor incorpora un rellotge d'alta freqüència que permet una major velocitat de mostreig, la qual cosa proporciona una gran precisió i rapidesa en el processament de la senyal.

Alimentació

- Voltatge mínim= 4.5V
- Voltatge estàndard= 5V
- Voltatge màxim= 5.5V
- Per tant podem dir que $V_{cc}= 5V$
- Intensitat estàndard= 5.6 mA
- Intensitat màxima= 8 mA

Voltatge sortida en repòs

Condicions del test($B=0$, $T_A=25^{\circ}C$, $I_{out}= 1mA$)

- Voltatge mínim= 2.425V
- Voltatge estàndard= 2.5V
- Voltatge màxim= 2.575V

Voltatge de sortida amb camp magnètic màxim i mínim

- $V_{out}(h)= 4.7V$ (camp magnètic màxim).

- $V_{out(l)} = 0.2V$ (camp magnètic mínim).

Ample de banda del sensor

- $BW = 30000 \text{ Hz}$

Freqüència de rellotge

- $F_c = 150000 \text{ Hz}$

Soroll pic a pic

- $V_n = 40 \text{ mV}$

Resistència de sortida

- $R_{out \text{ estàndard}} = 1,5 \text{ ohms}$
- $R_{out \text{ màxima}} = 3 \text{ ohms}$

Sensibilitat a 25°C

- Sensibilitat mínima = 4.750 mV/G
- Sensibilitat estàndard = 5 mV/G
- Sensibilitat màxima = 5.250 mV/G

Sensibilitat a temperatura màxima

Per fer aquesta mesura el fabricant diu que ho ha fet de una temperatura calenta fins a temperatura ambient i ha obtingut els següents percentatges.

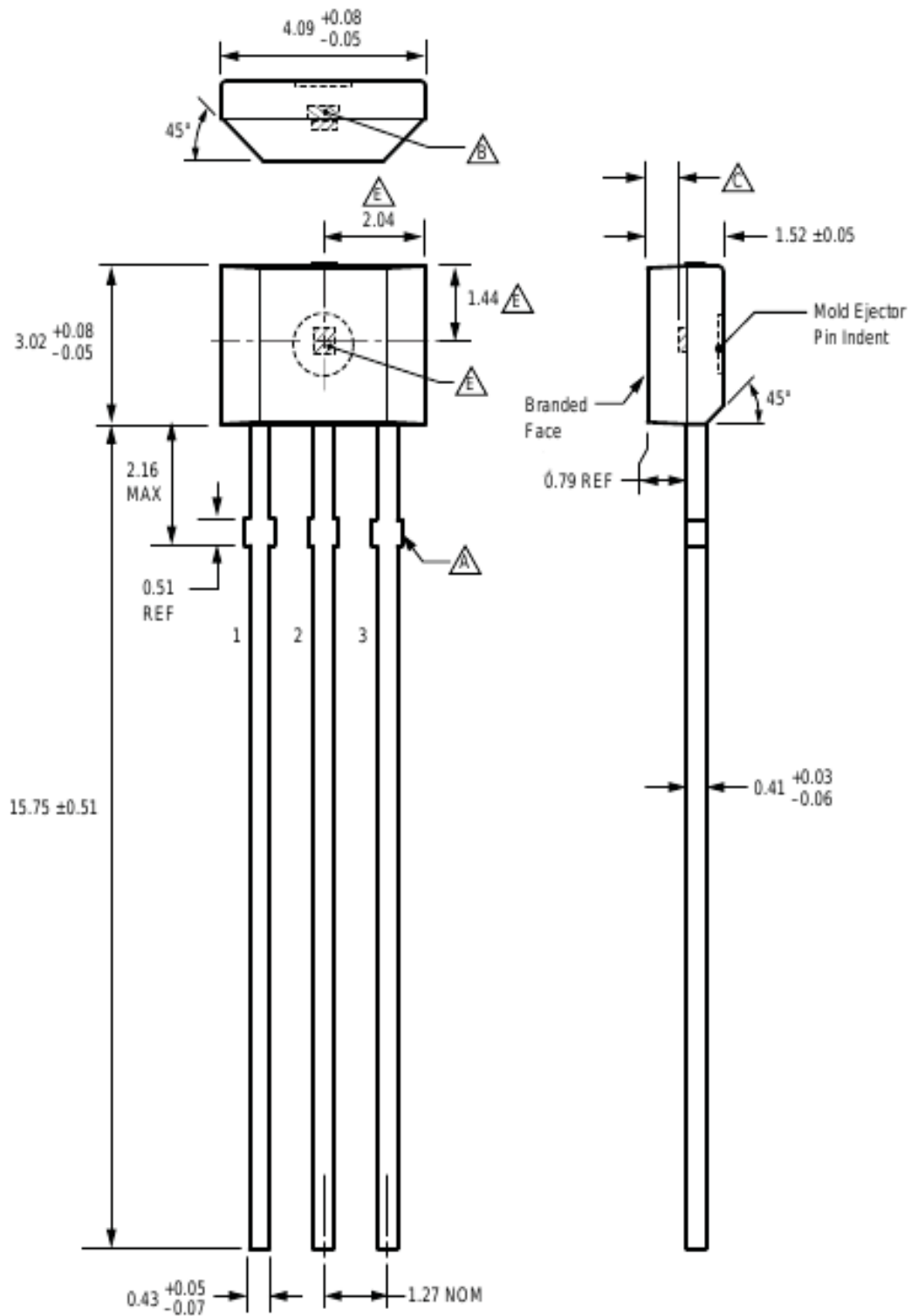
- Sensibilitat mínima = -2.5%
- sensibilitat màxima = 7.5%

Sensibilitat a temperatura mínima

Per fer aquesta mesura el fabricant diu que ho ha fet de una temperatura freda fins a temperatura ambient i ha obtingut els següents percentatges.

- Sensibilitat mínima = -6%
- Sensibilitat màxima = 4%

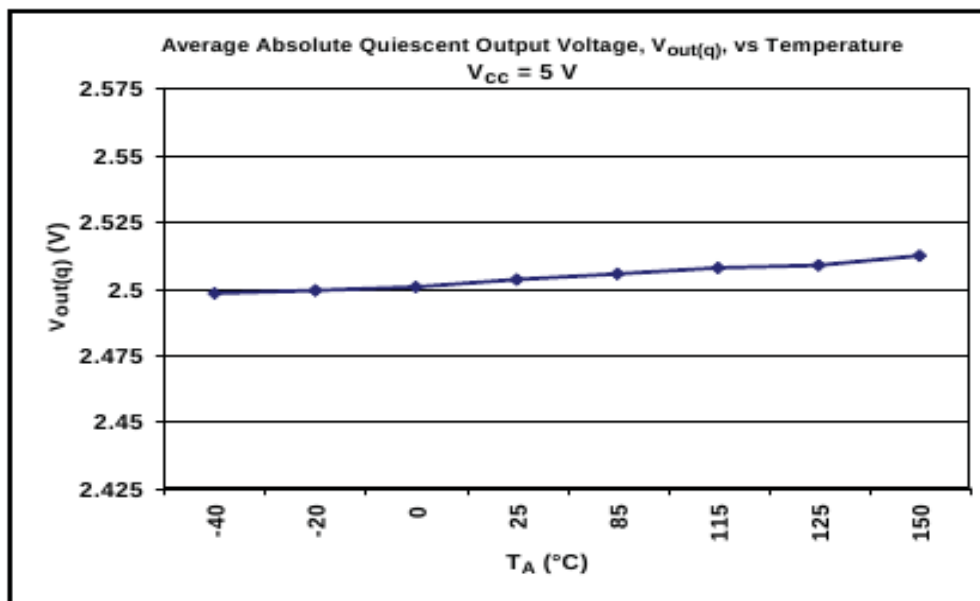
Més endavant es veurà com aquestes dades influeixen ja que el sensor ens dona diferents voltatges de sortida amb el mateix camp magnètic però diferent temperatura.



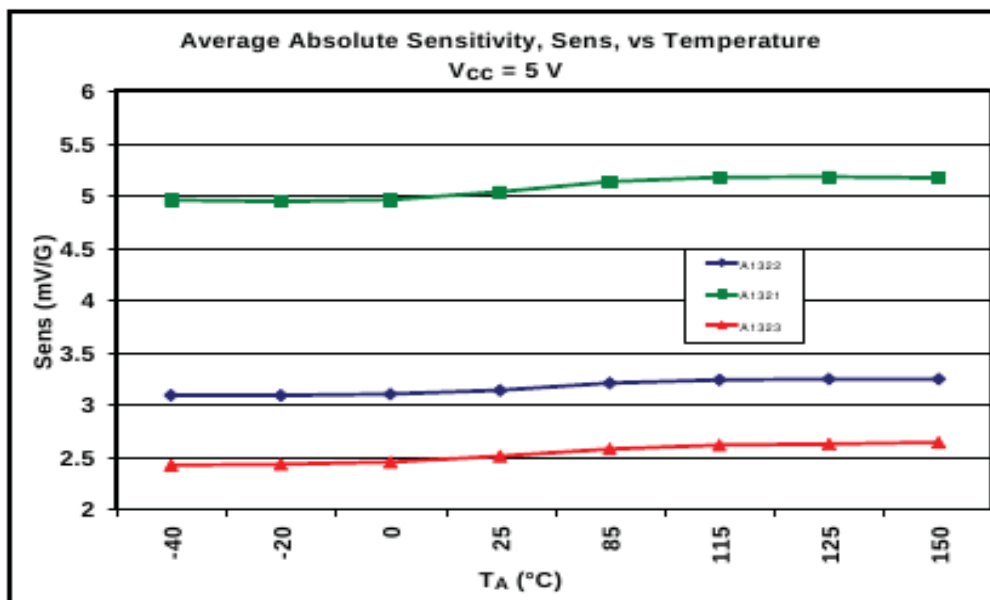
Il·lustració 3: Esquema físic sensor Hall

El patillatge de les connexions és el següent:

1. V_{CC}
2. Sortida
3. Massa (ground)



Gràfica 1: Voltatge vs temperatura sensor Hall



Gràfica 2: Sensibilitat vs temperatura sensor Hall

Ens hem de fixar el la línia amb els pics quadrats que és el nostre model de sensor.

3.3 Amplificador operacional

Com s'ha comentat abans la senyal que obtenim dels sensors d'efecte Hall és massa petita per poder fer alguna cosa realment útil amb ella, en el nostre propòsit determina la direcció d'un dispositiu.

Per aquest motiu vam decidir amplificar la senyal amb l'amplificador operacional INA 122, vam escollir aquest dispositiu perquè afegeix molt poc soroll a la senyal amplificada, a més a més te dues entrades vin+ i vin- d'aquesta manera podem introduir les dos senyals d'un mateix eix, (recordem que tenim dos sensors d'efecte Hall per eix). Per la qual cosa necessitarem dos amplificadors operacionals INA 122.

3.4 Característiques INA 122

Descripció

El amplificador operacional INA 122 és un amplificador d'instruments de precisió, introdueix molt poc soroll. El seu disseny de dos amplificadors operacionals proporciona un excel·lent rendiment amb molt baixa corrent, és ideal per instruments portàtils i sistemes d'adquisició de dades. El INA 122 pot funcionar amb voltatges de 2.2 V a 36 V i el corrent en repòs és de 60μA.

Alimentació

- El rang d'alimentació va dels 2.2 V als 36 V

Voltatge de sortida

- V_{out} = de +15 V a -15 V

Soroll

- freqüència= 1000 Hz --> $60\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}} \cdot \sqrt{\text{Hz}}$ (arrel quadrada).

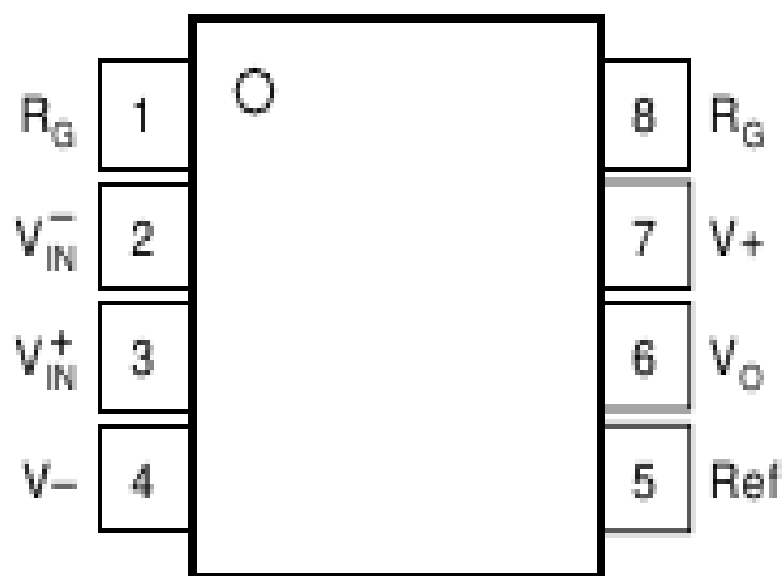
- Freqüència= 100 HZ --> 100nV/sqrt(HZ)
- freqüència= 10 HZ --> 110nV/sqrt(HZ)

Guany del amplificador operacional

El guany del amplificador operacional ve determinat per una resistència que va connectada entre les patilles 1 i 8, la formula per calcular el guany es:

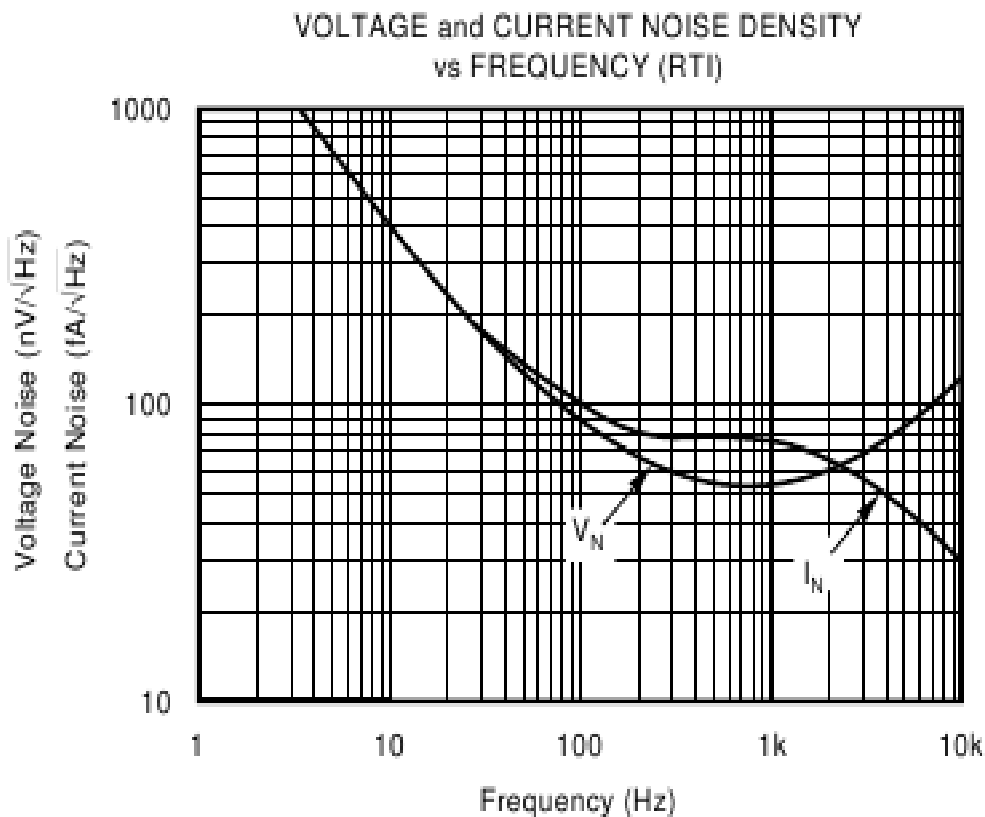
$G = (200K\Omega / R_G) + 5$ on R_G es la resistència anomenada anteriorment.

Esquema del patillatge



Il·lustració 4: Patillatge amplificador operacional

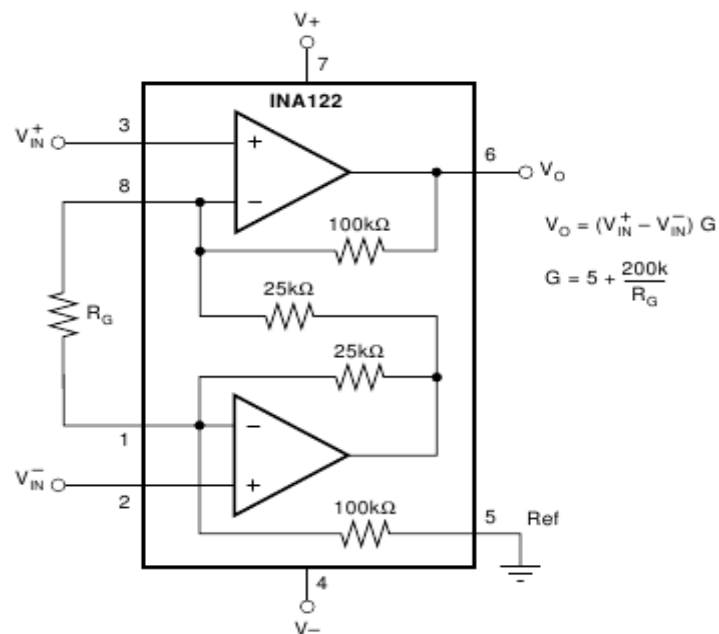
La senyal d'un canal entrarà per la patilla 2 i l'altre canal per la patilla 3, com s'ha dit abans entre la patilla 1 i 8 anirà la resistència que ens permetrà ajustar el guany del amplificador operacional, alimentarem el amplificador per la patilla 7, per la patilla 6 sortirà la senyal amplificada i la patilla 5 anirà connectada a massa.



Gràfica 3: voltatge i intensitat vs freqüència

En Aquesta gràfica podem observar que a mesura que augmenta la freqüència el soroll va disminuint, però quan ens apropem a 100 HZ el soroll del voltatge s'estabilitza i a partir de 1000 HZ comença a augmentar de nou. En canvi el soroll de la intensitat sempre disminueix però als 100 HZ s'estabilitza una mica però després a partir de 1000 HZ torna a descendir bruscament.

En conclusió podem dir que aquest amplificador operacional afegeix molt poc soroll en tot el seu rang de freqüències, per tant tindrem una senyal molt neta a la sortida.



Il·lustració 5: Esquema electrònic amplificador operacional

En la imatge anterior podem observar com aquest amplificador operacional integra dins seu dos amplificadors operacionals, el que ens permet com s'ha comentat anteriorment, aplicar-hi dos senyals diferents, una senyal pertany a un sensor d'un eix de coordenades i l'altra senyal pertany al sensor contraposat del mateix eix de coordenades, i que ens doni una única senyal de sortida que es la que assignem a aquell eix de coordenades.

Capítol 4. Disseny del circuit.

4.1 Muntatge del circuit

Un cop triat tots els elements, es va procedir al muntatge del sistema. Es van fer diferents propostes, en aquest punt ens vam adonar que més endavant tindríem diversos problemes amb la idea original del circuit.

En el primer muntatge del circuit ens vam adonar que a la sortida del amplificador operacional sempre valia +5 V o 0 V, això es produïa perquè el amplificador operacional es saturava, aquest fet era degut a que les senyals dels dos sensors d'un mateix eix que entraven al amplificador operacional eren diferents, es a dir si un sensor donava +1 V l'altre sensor als ser contraposat hauria de donar -1 V exacte, però aquest fet no es produïa perquè per molt semblants que siguin els sensors mai seran idèntics, a més a més necessitàvem amplificar la senyal per +400 cosa que incrementava notablement aquestes diferències.

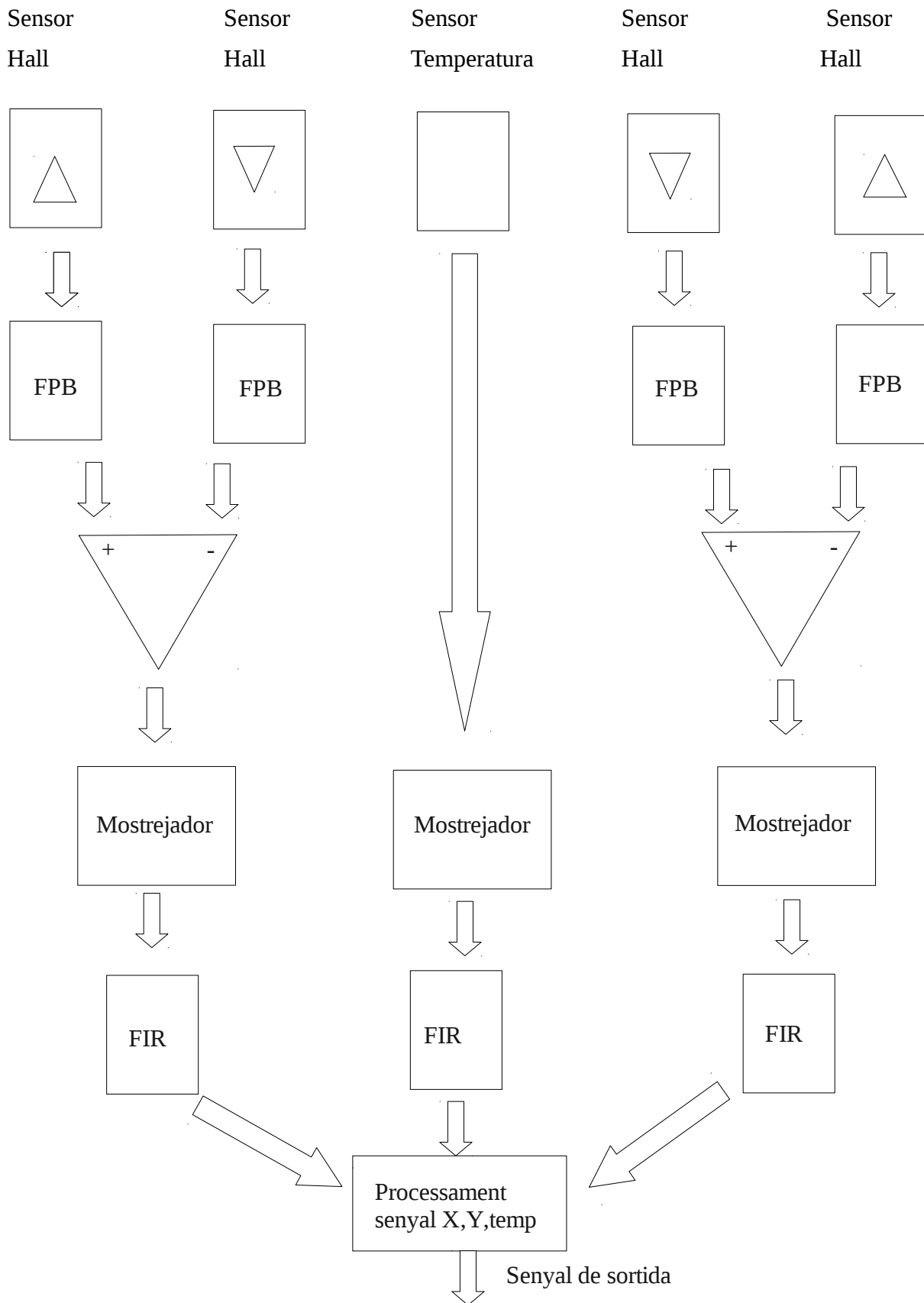
Aquest fet ens va obligar a ficar una resistència variable de precisió en un sensor de cada eix, d'aquesta manera s'aconsegueix que les entrades al amplificador operacional siguin el més semblants possibles i evitar la saturació del amplificador operacional.

Aquest es el principal problema en la idea original, la idea era molt bona però vam passar per alt que dos sensors mai poden ser exactament iguals, i al amplificar mili volts que es la senyal que ens ofereix el sensor tenim aquest problema.

Això ens porta a dir que la fabricació en sèrie d'aquest dispositiu no es recomanada ja que cada dispositiu s'hauria d'ajustar manualment pel seu correcte funcionament.

Un cop es va arribar a que adoptaríem aquesta solució es va procedir al disseny electrònic, es va decidir crear una petita plataforma giratòria i d'aquesta manera no haver de moure el dispositiu cada vegada ja que no podria quedar en la mateixa posició. Els sensors d'efecte Hall van ser col·locats aproximadament al centre del sensor en forma de creu per formar els dos eixos de coordenades, vam aplicar un filtre pas baix a la sortida dels sensors amb una resistència i un condensador en paral·lel, d'aquesta manera el soroll que ens ofería el sensor ja quedava reduït.

També vam ficar un estabilitzador de corrent per tenir 5 V estabilitzats en tot el dispositiu.

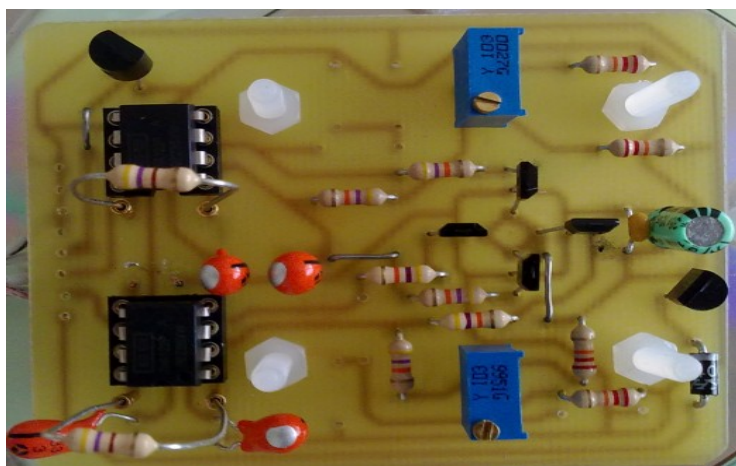
Diagrama de blocs del dispositiu.

En la pàgina anterior es mostra el diagrama de blocs del dispositiu. A continuació s'explica tot el procediment pel que passen les senyals del sensor Hall i del sensor de temperatura.

Tal com mosta el diagrama de blocs les senyals dels sensors Hall és filtrada per un filtre pas baix (FPB), aquest filtre, és un filtre de primer ordre i està compostat per una resistència i un condensador en paral·lel, està orientat a eliminar soroll en una primera etapa, la freqüència de tall d'aquest filtre és de 16 Hz. A continuació les senyals d'un mateix canal, entren a un amplificador operacional diferencial, que resta les dos senyals i ens amplifica la senyal. Fins aquí és el procés analògic, ara ja entrem al procés digital que es fa mitjançant un ordinador i el programa Matlab, un cop tenim la senyal amplificada la fem passar per una targeta d'adquisició de dades de National Instruments, no deixa de ser un conversor analògic a digital, això és el mostrejador en el diagrama de blocs. Un cop tenim la senyal al ordinador la filtrem amb un filtre FIR, en l'apartat 5.2 Filtratge de la senyal s'expliquen les característiques d'aquest filtre FIR, un cop la senyal està filtrada digitalment ja la podem processar amb els nostres programes o guardar-la al ordinador.

Pel sensor de temperatura ens estalviem ficar un filtre pas baix amb una resistència i un condensador ja que la senyal que ens ofereix aquest dispositiu té molt poc soroll i tampoc es necessari amplificar-la, així que la fem directament a la targeta d'adquisició de dades de National Instruments (mostrejador), i després apliquem el mateix filtre digital que als sensors Hall, un cop filtrada ja podem fer el seu processat corresponent.

Un cop tenint clars tots aquests conceptes, havent fet el esquema electrònic i el disseny de la placa del dispositiu, que estan continguts al annex, es va procedir al muntatge i la soldadura del dispositiu, aquest és l'aspecte final.



Il·lustració 6: Muntatge final

Capítol 5. Tractament de la senyal.

5.1 Adquisició de dades

Un cop muntat el circuit el dispositiu ja es pot ficar en funcionament, per fer-ho utilitzarem una font d'alimentació i per llegir les senyals de sortida farem ús d'un oscil·loscopi.

Per adquirir les dades i poder guardar-les utilitzarem el programa Matlab i la seva toolbox daq.

Per fer això possible es van crear diferents programes amb Matlab que ens permetien adquirir les dades mitjançant dues targetes d'adquisició de dades de *National Instruments*, aquestes dos targetes van connectades al ordinador, cosa que ens permeten adquirir dades i així poder tractar-les posteriorment.

Un cop ficat en funcionament es van fer diferents probes mitjançant l'adquisició de dades, aquestes probes van servir per:

- Determinar el valor de amplificació del amplificador operacional, recordem que això es fa mitjançant una resistència que es col·loca entre les patilles 1 i 8 del amplificador operacional. S'ha de buscar un valor que no ens saturi el amplificador operacional, recordem que el seu rang de sortida amb el nostre muntatge es de 0 V a 5 V. Després de fer diverses probes amb diferents valors, es va escollir una resistència de 470 ohms, si apliquem la formula del guany del amplificador operacional ens dona que tenim un guany de 430.5, i tenim una excursió de uns 2 V aproximadament entre el nord i el sud.
- Observar el soroll que ofereixen els sensors d'efecte Hall, vam observar que el soroll era bastant elevat per això apliquem un filtre pas baix en el nostre programa Matlab, d'aquesta manera reduïm notablement el soroll.
- Aquest seguit de probes també ens va indicar que els sensors d'efecte Hall eren molt sensibles, qualsevol objecte metàl·lic del entorn podia influir en la percepció del camp magnètic i al ampliar aquests petits canvis per 430.5 s'incrementen molt les variacions.
- També vam descobrir que en el nostre entorn de treball hi havia un camp magnètic que ens feia fluctuacions en la nostra senyal, es a dir es produïen variacions lentes (menors que un HZ) en el camp magnètic, probablement produïdes per elements de calefacció,

aire a condicionat o fluctuacions de la tensió de xarxa, contra això no es va poder fer res per eliminar-ho

5.2 Filtratge de la senyal

Per poder reduir el soroll de la senyal que ens oferia els sensors vam crear un filtre pas baix en el programa Matlab, amb el propòsit d'eliminar el soroll fora de la banda d'interès.

Es va especificar un ample de banda de la senyal de 5 Hz, de manera que variacions de senyal de informació més ràpides que 200 ms, aproximadament, no se consideren rellevants.

Amb aquesta especificació espectral el soroll quedava reduït considerablement.

Filtre sensor Hall

Tal com s'ha mencionat,

Pels sensors d'efecte Hall vam utilitzar un filtre pas baix fir, amb ordre 100 i una freqüència de tall de 5 Hz i una freqüència de mostreig de 100 Hz. Tot i que amb una freqüència de mostreig de 10 Hz és suficient, s'ha mantingut en, tot aquest treball, una freqüència de mostreig considerablement més alta (100 Hz) en les senyals que s'han adquirit, amb el propòsit de disposar de material que ens serveixi per la futura realització d'altres tipus d'estudi i la aplicació de altres algorismes.

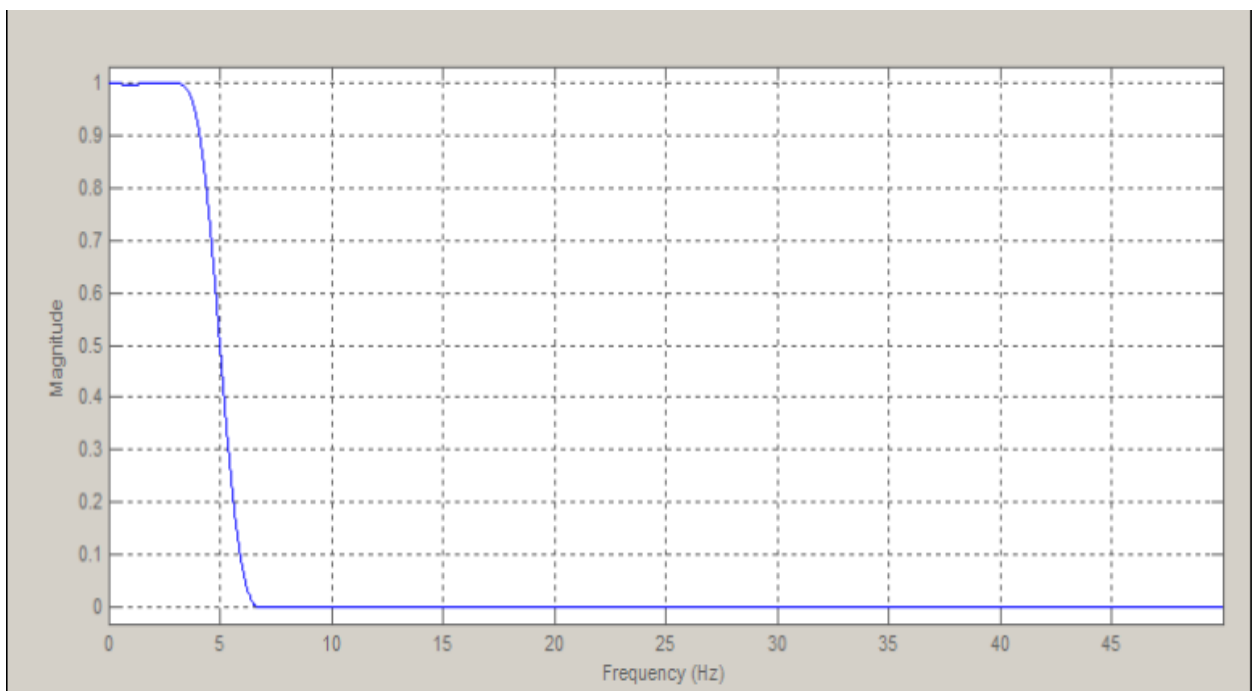
Les comandes són les següents:

```
b=fir1(100,5/50);
```

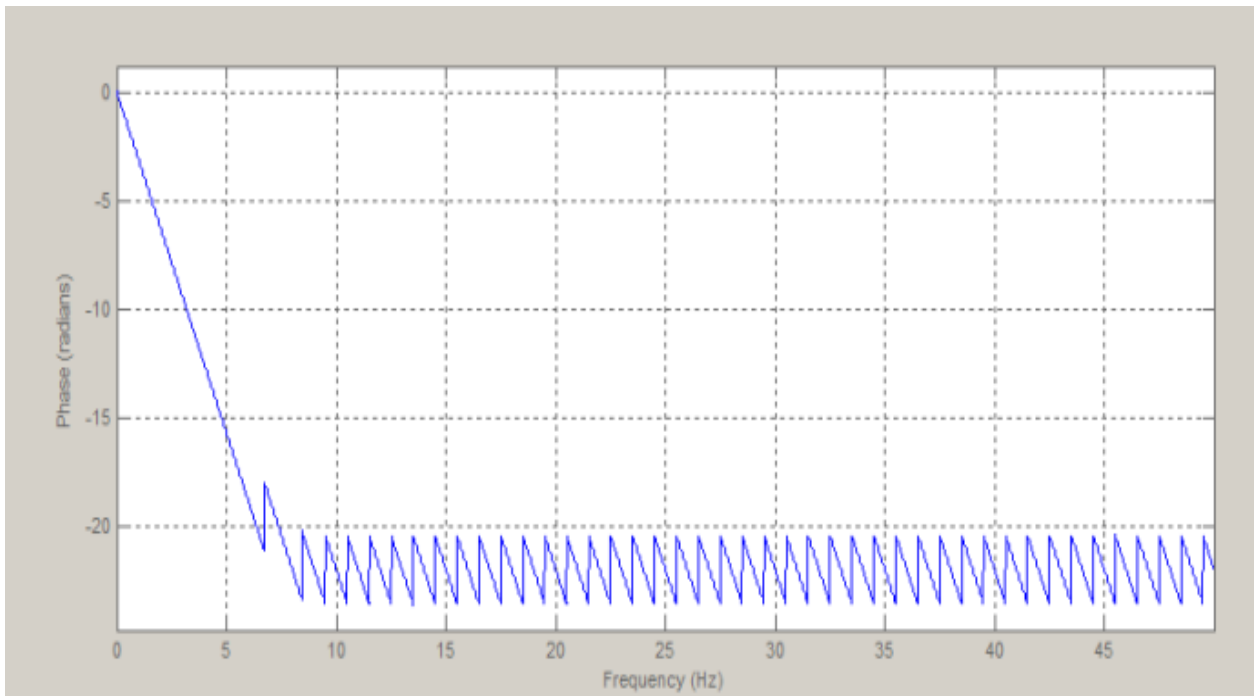
```
dat1=filter(b,1,dades_a_tractar);
```

D'aquesta manera creem un filtre pas baix amb les característiques anomenades anteriorment. Es un filtre del tipus resposta impulsional finita (FIR) d'ordre 100 i ample de banda 5 Hz. Això implica un retard de 50 mostres de la senyal de sortida amb respecte de l'entrada, equivalent a 0.5 segons. Aquest retard és perfectament assumible amb els requisits del sistema que es dissenya.

A continuació es mostren les gràfiques del espectre d'amplitud del filtre, i l'espectre de fase.



Gràfica 4: espectre d'amplitud del filtre del sensor Hall



Gràfica 5: Espectre de fase del filtre del sensor Hall

Filtre sensor de temperatura

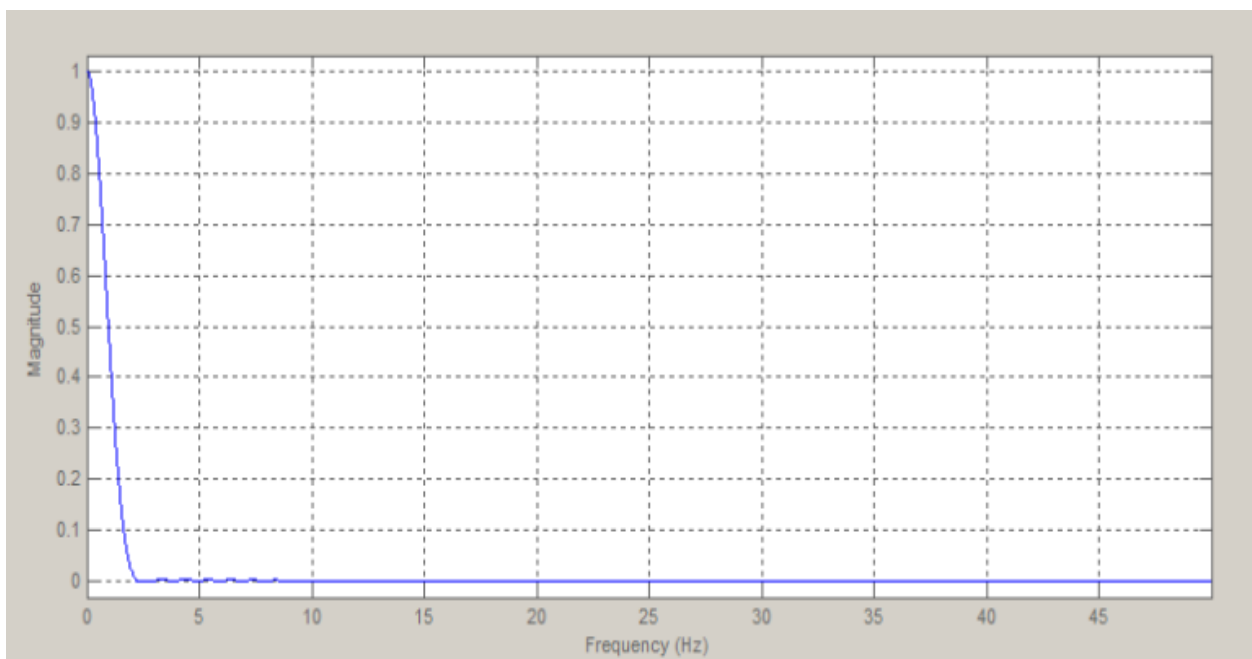
Tot i que el sensor de temperatura ens ofereix una senyal bastant neta, també la filtrem per així eliminar el possible soroll que ens pugui donar.

Per fer-ho també utilitzem un filtre pas baix amb 100 coeficients, una freqüència de mostreig de 100 HZ i una freqüència de tall de 0.5 HZ.

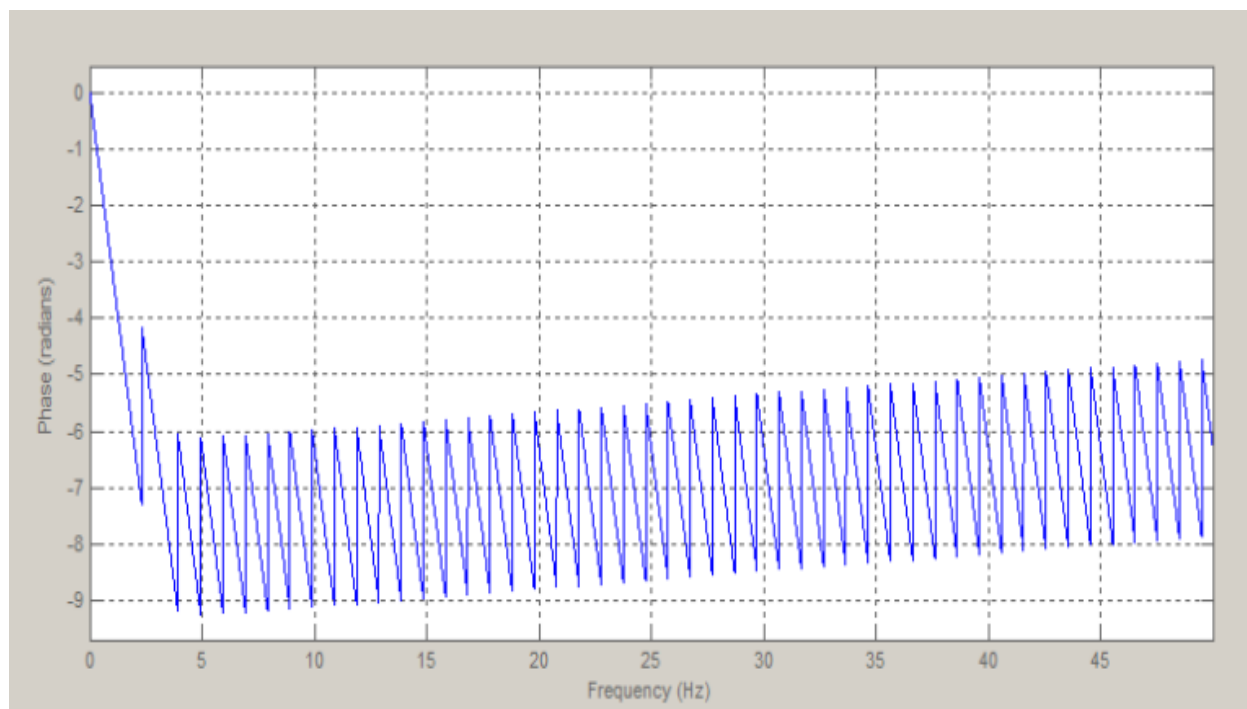
Les comandes són les següents:

```
c=fir1(100,0.5/50);
```

```
dat1=filter(c,1,dades_a_tractar);
```



Gràfica 6: Espectre d'amplitud del filtre del sensor de temperatura



Gràfica 7: Espectre de fase del filtre del sensor de temperatura

Com podem observar la única diferència entre els filtres dels sensors d'efecte Hall i el sensor de temperatura, és la freqüència de tall, en els sensors d'efecte Hall es de 5HZ es a dir que deixarà passar freqüències inferiors a 5 HZ, i en el sensor de temperatura la freqüència de tall és de 0.5 HZ , implica que solament passaran freqüències inferiors a 0.5 HZ.

Això vol dir que el sensor de temperatura afegirà un retard de 50 mostres a la senyal de sortida respecte la entrada, cosa que implica un retard de 0.5 segons, cosa que és assumible pel nostre propòsit.

5.3 Adquisició de dades

Un cop tenim programat el filtre en el nostre codi Matlab, ja podem obtenir dades i si volem guardar-les al ordinador. La metodologia per obtenir les dades es la següent:

1. Establir una duració d'adquisició de dades per exemple 30 segons
2. Esperar aquests trenta segons que es quan l'ordinador esta adquirint dades.

3. Un cop passats aquests trenta segons el ordenador processa les dades, aplica els filtres corresponents i mostra el resultat obtingut.

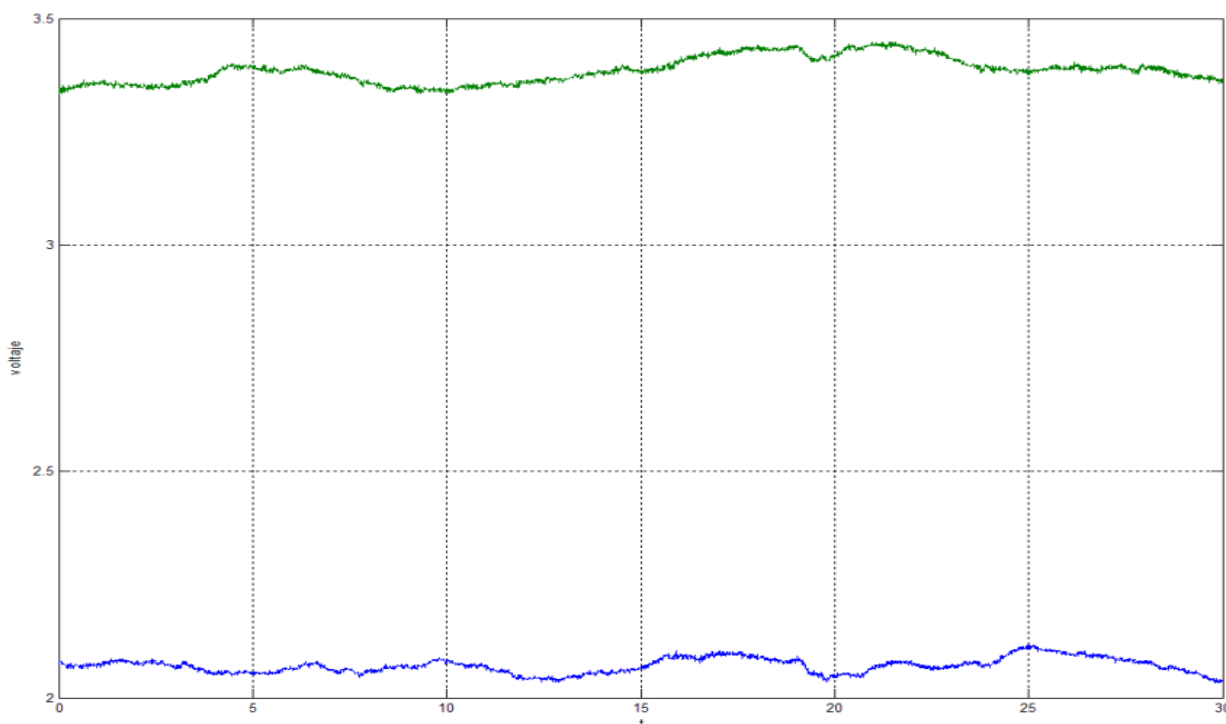
Aquest seria el resultat d'una adquisició de dades amb el dispositiu encarat al nord.

Amb el guany aplicat tenim un màxim de 3'4 V i un mínim de 0.8 V, per tant si esta encarat al nord tindrem un canal de dades que representa un eix de coordenades molt pròxim a 3.4V ja que és el canal que esta perpendicular al camp magnètic per tant és el que ens ofereix mes voltatge. L'altre canal ens donarà uns 2 V ja que està paral·lel al camp magnètic i ens ha de donar aproximadament la meitat del recorregut.

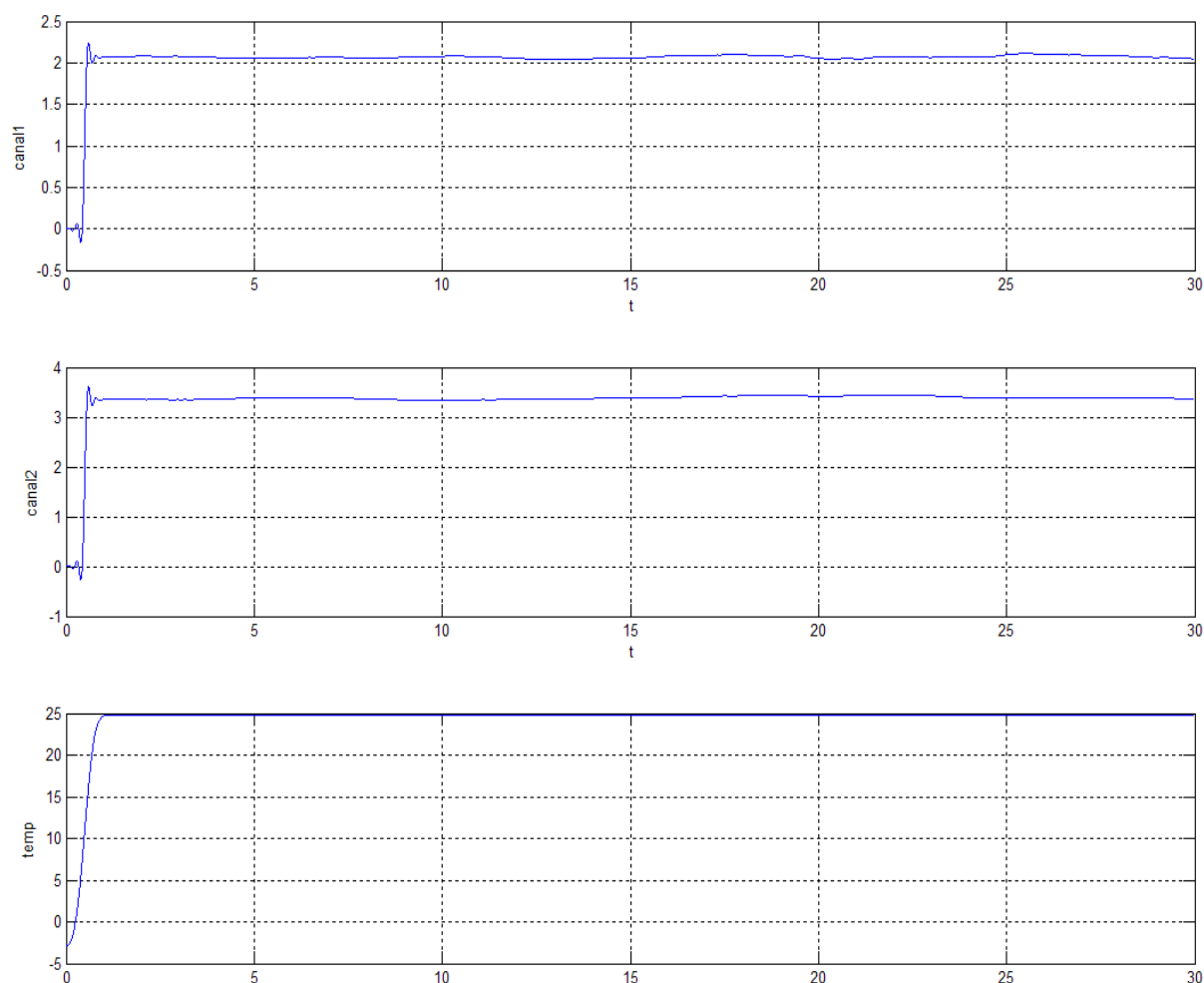
També podrem observar la diferència de aplicar el filtre o no.

En la primera gràfica la senyal no esta filtrada mitjançant el filtre creat en codi Matlab, com podem veure els dos canals ens ofereixen unes senyals bastant inestables, ja que tenen variacions bastant considerables.

La segona gràfica està dividida en tres parts les dos primeres representen els dos canals, canal 1 que pertany a un eix de coordenades i canal 2 que pertany a l'altre eix de coordenades, i la última representa el sensor de temperatura. Podem observar com amb els filtres la senyal s'estabilitza, primer tenim un estat transitori produït pel filtre aparti d'aquell estat ja tenim una senyal filtrada, per tant amb poc soroll.



Gràfica 8: Senyals dels dos canals sense filtrar.



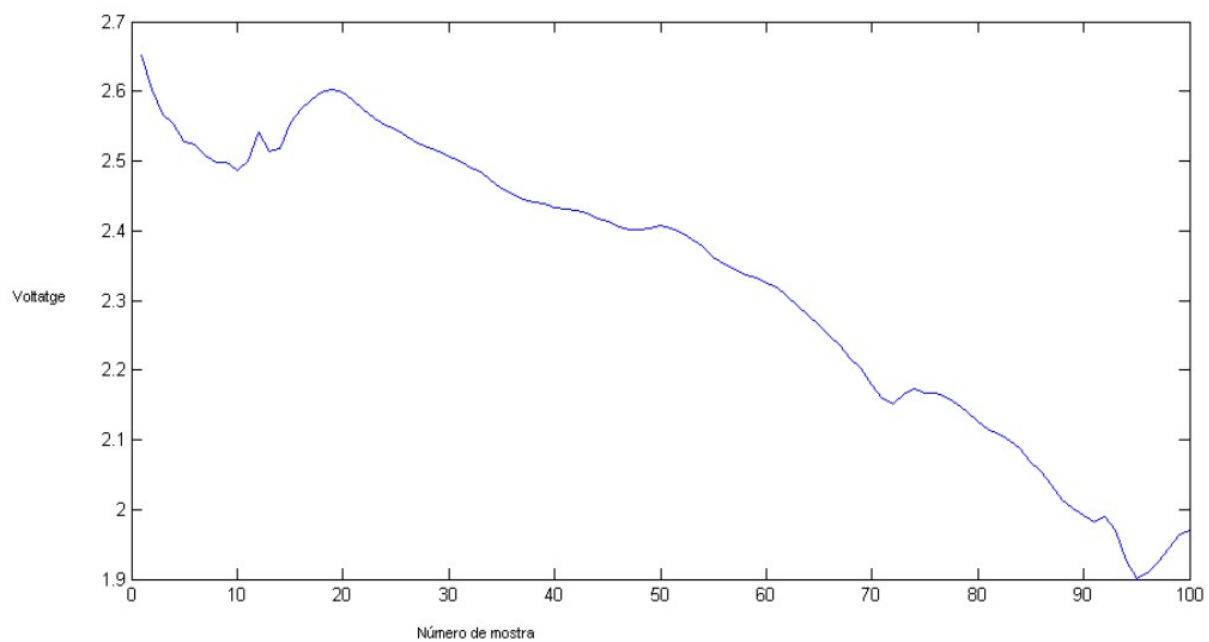
Gràfica 9: Senyals dels 2 canals i dels sensor de temperatura filtrades amb el filtre FIR

5.4 Compensació temperatura

En aquest apartat s'explicarà tot el procediment per trobar el polinomi d'ordre 5 que ajusti el nostre dispositiu segons la temperatura que ens ofereixi el sensor de temperatura, d'aquesta manera tindrem les dades reals d'on està encarat el dispositiu i la temperatura no ens afectarà, recordem que la sensibilitat del sensor Hall varia amb la temperatura, aquests canvis són molt petits a la sortida del sensor, però al amplificar la senyal per 430.5, és converteixen en canvis significatius.

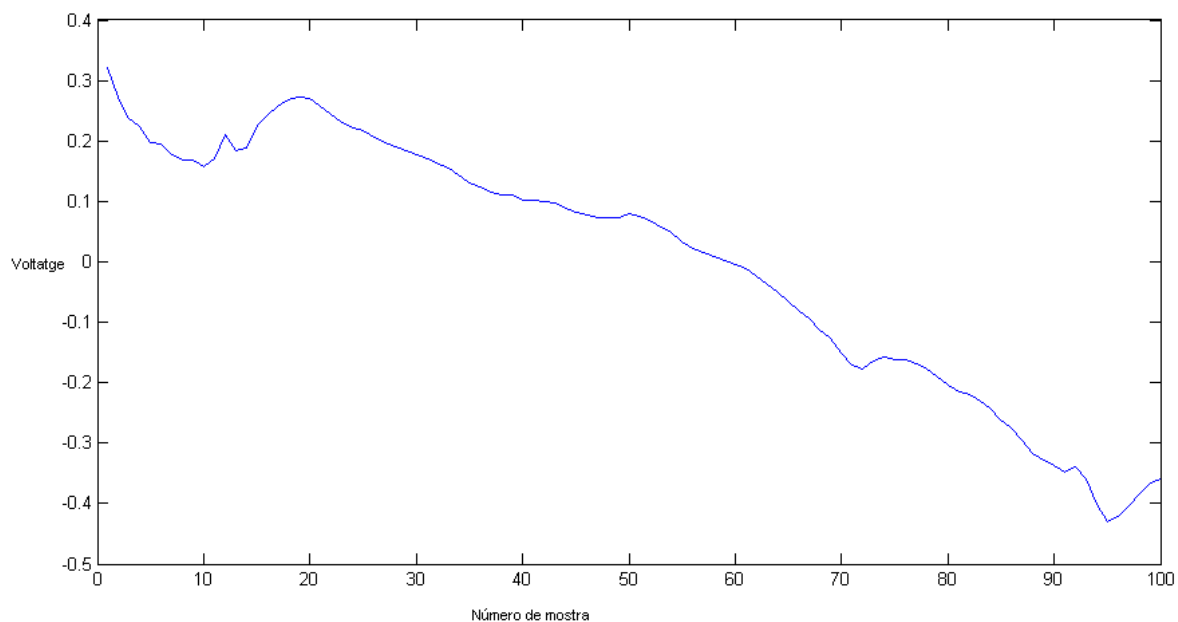
L'estudi de temperatura s'ha realitzat entre el rang de temperatura de 18°C a 38°C , el procediment a set el següent:

1. Es van fer i guardar 16 adquisicions de dades, 4 en cada punt cardinal nord, sud, est i oest, per cada canal i la temperatura. Per fer les adquisicions es va establir un temps de 3 minuts on el procediment per enregistra les variacions va ser el següent: primer s'arrefredava el dispositiu amb un pot especial dissenyat per aquest propòsit, just després de haver refredat el dispositiu a uns 15°C es ficava en marxa el Matlab per que fes l'adquisició de dades, durant un minut i mig es deixava que el dispositiu recuperes la temperatura per ell mateix, quan s'acabava aquest minut i mig s'aplicava calor mitjançant un assecador fins arribar als 3 minuts, d'aquesta manera aconseguim tenir una variació de temperatura de 18°C fins a 38°C . De cada adquisició va ser guardada la informació següent: els dos canals 1 i 2 (que cada canal representa un eix de coordenades), el sensor de temperatura i el temps, de cada un d'aquests elements teníem 18000 mostres, recordem que el fem el mostreig a 100 HZ per tant si el temps són 3 minuts ens queden 18000 mostres.
2. Un cop tenim els 16 fitxers ben guardats, hem de procedir a l'extracció de dades.
Per fer-ho es va crear un programa que ens feia la mitjana de les dades en un interval de temperatura determinat. Per fer-ho utilitzem la comanda find de Matlab que ens retorna el índex de les dades que compleixen la condició del find. Els intervals de temperatura són de 0.2°C, al fer el estudi de 18°C a 38°C al fer tots els intervals ens quedara un vector amb 100 dades.
3. Un cop fet el pas anterior, ens queda un vector per cada canal per cada adquisició de dades, en aquest punt si estudiem les gràfiques obtingudes podem veure que un canal sempre te una tendència negativa i l'altre canal te una tendència positiva, a més a més totes les gràfiques d'un mateix canal són molt similars, per això decidim fer la mitjana. Aleshores decidim quedar-nos sols en una gràfica sense valor mig, es a dir que passi pel zero, per fer això agafem totes les dades d'un canal en un punt cardinal (recordem que de cada punt cardinal hem fet quatre adquisicions) i fem la mitjana, ens quedaria una gràfica així.



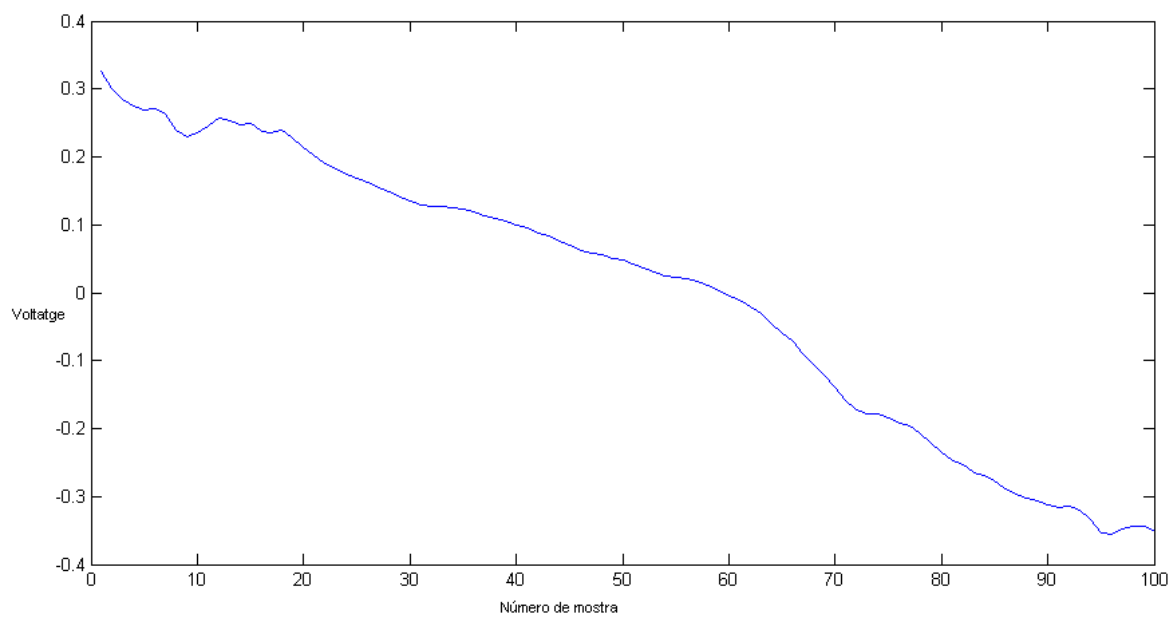
Gràfica 10: Mitjana de les quatre adquisicions del nord en el canal 1

Aquesta es la gràfica de la mitjana de les dades d'un canal en el nord, ara per eliminar el valor mig a ella mateixa li restem la seva mitjana exemple: `mitjana_dades_nord - mean(mitjana_dades_nord)` d'aquesta manera eliminem el valor mig i ens queda una gràfica que passa pel zero. Aquest procediment s'ha de repetir pels quatre punts cardinals.

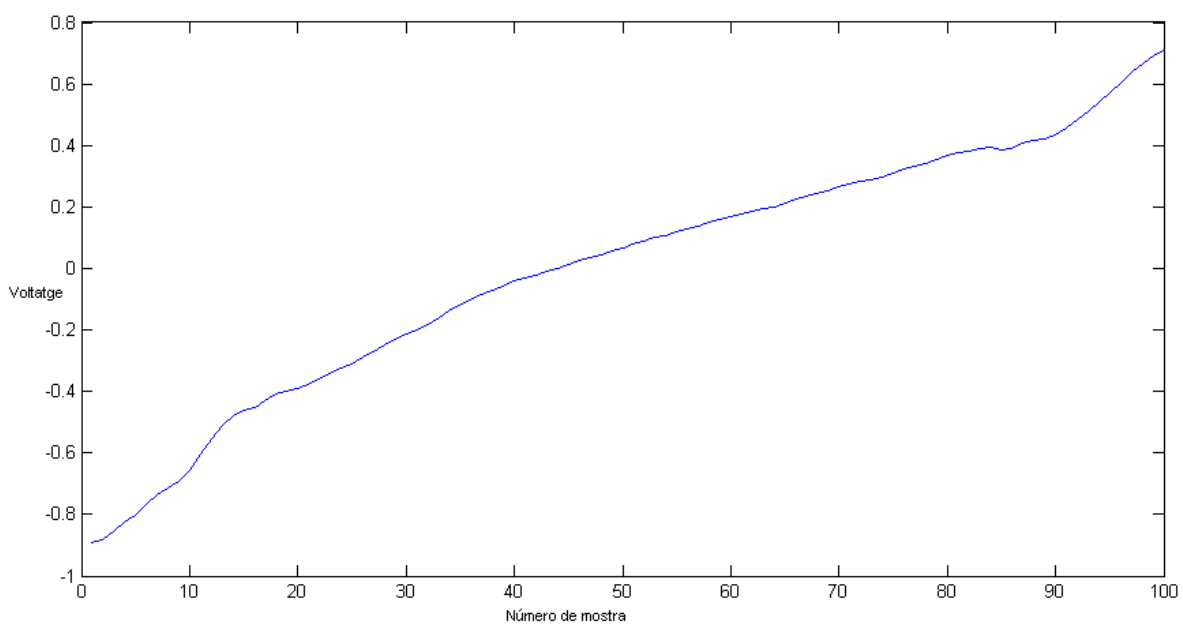


Gràfica 11: És la gràfica 10 sense valor mig

Ara sols ens queda fer la mitjana de tots els punts cardinals d'un canal, i obtindrem les dos gràfiques resultants (una per cada canal) sense valor mig.

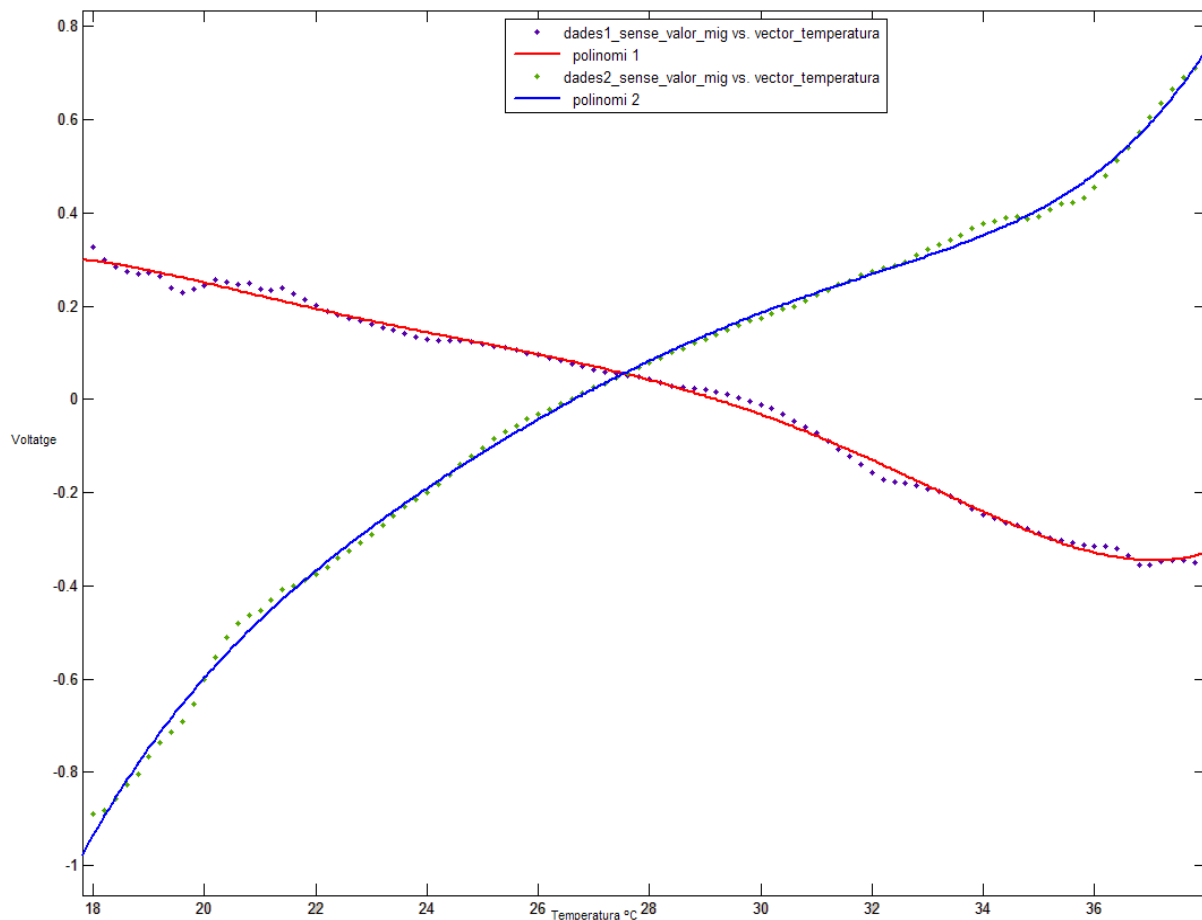


Gràfica 12: Mitjana de totes les dades del canal 1 sense valor mig



Gràfica 13: Mitjana de totes les dades del canal 2 sense valor mig

Ara tan sols falta calcular un polinomi per cada recta, es a dir dos polinomis un per cada eix de coordenades, s'ha de procurar que els polinomis s'ajustin el màxim possible a les gràfiques anteriors, per això hem triat un polinomi d'ordre cinc, en la següent gràfica es mostra els dos canals representats en punts i la línia continua representa el polinomi.



Gràfica 14: Polinomis temperatura

Com es pot observar els dos polinomis s'ajusten molt bé a les gràfiques, si escollim un polinomi de major ordre encara tindríem un millor ajust, però hem considerat aquest ajust prou correcte.

Amb aquesta gràfica ja podem corregir el valor de sortida de cada canal respecte la temperatura, es a dir si el dispositiu a una temperatura X ens dona Y volts hem d'anar a la gràfica dels polinomis i en buscar el valor del polinomi en aquella temperatura X i restar el valor trobat als Y volts que ens dona el dispositiu.

Els coeficients del polinomi 1 són:

Linear model Poly5:

$$f(x) = p1 \cdot x^5 + p2 \cdot x^4 + p3 \cdot x^3 + p4 \cdot x^2 + p5 \cdot x + p6$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$p1 = 2.125e-006 \ (1.442e-006, 2.809e-006)$$

$$p2 = -0.0002784 \ (-0.0003738, -0.000183)$$

$$p3 = 0.01431 \ (0.009047, 0.01956)$$

$$p4 = -0.3612 \ (-0.5041, -0.2182)$$

$$p5 = 4.46 \ (2.544, 6.377)$$

$$p6 = -21.19 \ (-31.32, -11.06)$$

I els coeficients del polinomi 2 són:

Linear model Poly5:

$$f(x) = p1*x^5 + p2*x^4 + p3*x^3 + p4*x^2 + p5*x + p6$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$p1 = 3.007e-006 \ (2.17e-006, 3.845e-006)$$

$$p2 = -0.0004092 \ (-0.000526, -0.0002923)$$

$$p3 = 0.02222 \ (0.01578, 0.02866)$$

$$p4 = -0.6048 \ (-0.7799, -0.4297)$$

$$p5 = 8.352 \ (6.005, 10.7)$$

$$p6 = -47.63 \ (-60.03, -35.23)$$

5.5 Utilització en temps real

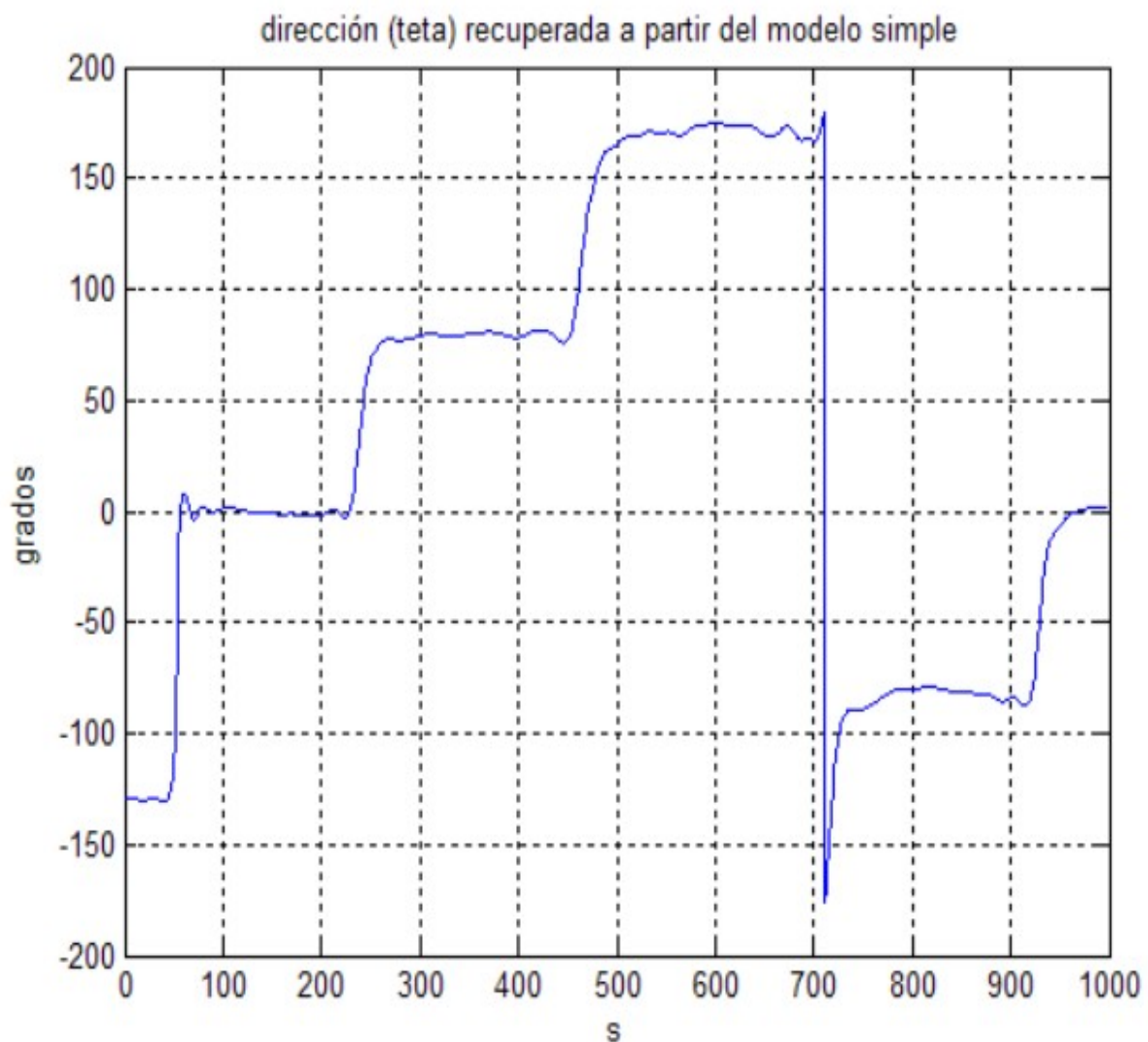
Per utilitzar aquest dispositiu, seria ideal implementar-ho amb un microprocessador, això formaria part d'un altre treball final de carrera, consistiria en ficar en un microprocessador tot el treball que s'ha fet amb Matlab, això primer que tot requeriria aprendre el funcionament del microprocessador, el seu entorn de programació etc.

Per fer la nostra simulació hem utilitzat el programa Matlab, per fer-ho s'ha creat un programa

anomenat temps_real que es troba en el annex C, en aquest programa els filtres s'han creat manualment per evitar cridar a la funció que genera els filtres en Matlab, d'aquesta manera s'estalvia un temps i la simulació s'executa més ràpid. L'avaluació dels polinomis de temperatura amb els seus coeficients també s'ha programat manualment i evitar crida a la funció polyval, s'ha fet pel mateix motiu, estalviar temps. Un cop tenim les dades filtrades i compensades s'ha fet servir funcions trigonomètriques per calcular el angle resultant, ara sols queda dibuixar una gràfica.

Utilitzar aquest mètode de visualització té un problema bastant significatiu, a mesura que passa el temps al ordenador li costa més imprimir totes les dades de la gràfica, ja que aquesta es va sobreescrivint constantment i cada cop a de dibuixar més dades, per aquest motiu al moure el dispositiu cap a una altra direcció els resultats tarden uns 10 segons en aparèixer en pantalla, si es treballa amb un ordenador més potent aquest problema quedaria reduït notablement, ja que amb aquest ordenador no podem assegurar que quan està a màxim rendiment faci l'operació de mostreig a 100 Hz. A continuació es mostra una gràfica del funcionament en temps real, veurem que hi ha desfases de 90° , això es degut a que el dispositiu ha canviat d'orientació, es començara amb el dispositiu encarat al nord, després al est, sud i oest. També al inici de la gràfica sortira representat el estat transitori dels filtres.

En el nord el dispositiu marcarà 0 graus, en el est 90 graus, en el sud 180 graus en el oest -90 graus i al nord tornarà a valer 0. Això vol dir que entre el sud i oest hi ha un salt molt gran, això es degut a que el filtratge de la nostra senyal és molt elevat, aquest salt es podria reduir més endavant.



Gràfica 15: Demostració del funcionament del dispositiu

Com podem veure es compleix el que s'ha anomenat anteriorment, les ondulacions petites que es produeixen són degudes al soroll magnètic del nostre error, és un problema que ja s'ha anomenat anteriorment i contra el qual no s'hi pot fer res.

Capítol 6. Valoració de costos i material utilitzat.

Al tractar-se d'un projecte d'investigació, tot seguit es mostrarà en una taula el comput d'hores i de treball dedicat a cada apartat del projecte.

Taula de costos

Tasca	Temps previst	Temps realització
Selecció dels components	3 Setmanes	5 Setmanes
Disseny del circuit	2 Setmanes	3 Setmanes
Muntatge circuit	1 Setmana	1 Setmana
Eliminar soroll i posta apunt	3 Setmanes	6 Setmanes
Processat de la senyal	4 Setmanes	5 Setmanes
Estudi Temperatura	4 Setmanes	4 Setmanes
Total	17 Setmanes	24 Setmanes

Material utilitzat

Font d'alimentació ATTEN PVR3003-3c

Oscil·loscopi portàtil OWON HDS2062M

Targetes d'adquisició de dades National Instruments CB-68LP

Ordenador de laboratori

Programa Matlab versió 7.3.0(R2006b).

Capítol 7. Conclusions i extensions futures.

7.1 Conclusions

Aquest projecte ens ha servit per extreure algunes conclusions sobre els sensors d'efecte Hall, també ens ha servit per adonar-nos que aquest dispositiu no es del tot correcte per fer-lo servir com a dispositiu de guiatge en un sistema mòbil autònom. Les principals conclusions són les següents:

- No podríem iniciar una fabricació en serie d'aquest dispositiu ja que cada sensor es diferent per tant cada dispositiu tindrà un ajustament únic. En conseqüència tot el estudi de correcció de temperatura sols serveix per aquest dispositiu.
- El dispositiu és molt sensible als objectes metàl·lics, aparells en funcionament etc. Per tant el seu ús no es aconsellable en un medi on hi hagin moltes pertorbacions magnètiques.
- Aquest disseny no és el ideal pel propòsit plantejat inicial ment.
- No es aconsellable fer un estudi amb sensors Hall del camp magnètic terrestre en un laboratori on al seu voltant hi han molts elements que poden distorsionar aquest camp magnètic.

7.2 Extensions futures

Com s'ha dit abans aquest dispositiu no és el idoni per iniciar una fabricació en serie, per això en un futur si es vulgues continua amb l'estudi d'orientació per a un dispositiu mòbil autònom tindríem dos possibilitats:

1. Basar-nos sobre el estudi realitzat en aquest treball i en lloc de ficar dos sensors contraposats, utilitzar sols un sensor en cada eix, aleshores s'hauria d'amplificar molt mes la senyal ja que utilitzem dos sensors per tenir una primera amplificació.
2. Basar-se en un altre tipus de sensors que d'alguna manera ens ajudessin a determinar l'orientació, podrien ser d'efecte Hall o d'algun altre sistema, la casa Philips te uns sensors magnètics amb els quals s'han creat dispositius amb el mateix propòsit que el que s'indica en aquest treball, es podria iniciar un nou estudi amb aquests sensors

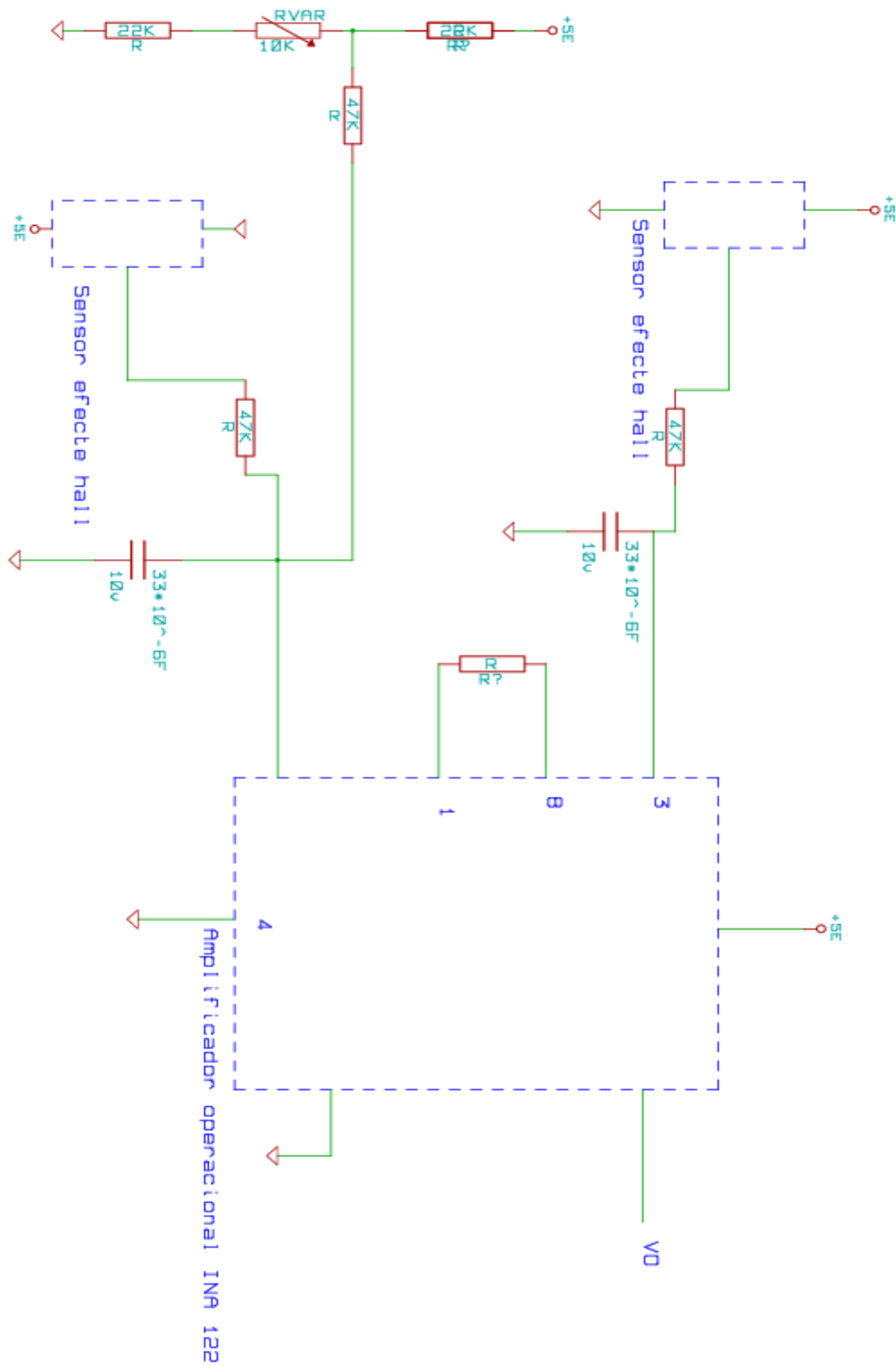
Capítol 8. Bibliografia.

Per fer aquest treball s'ha extret informació dels següents llibres.

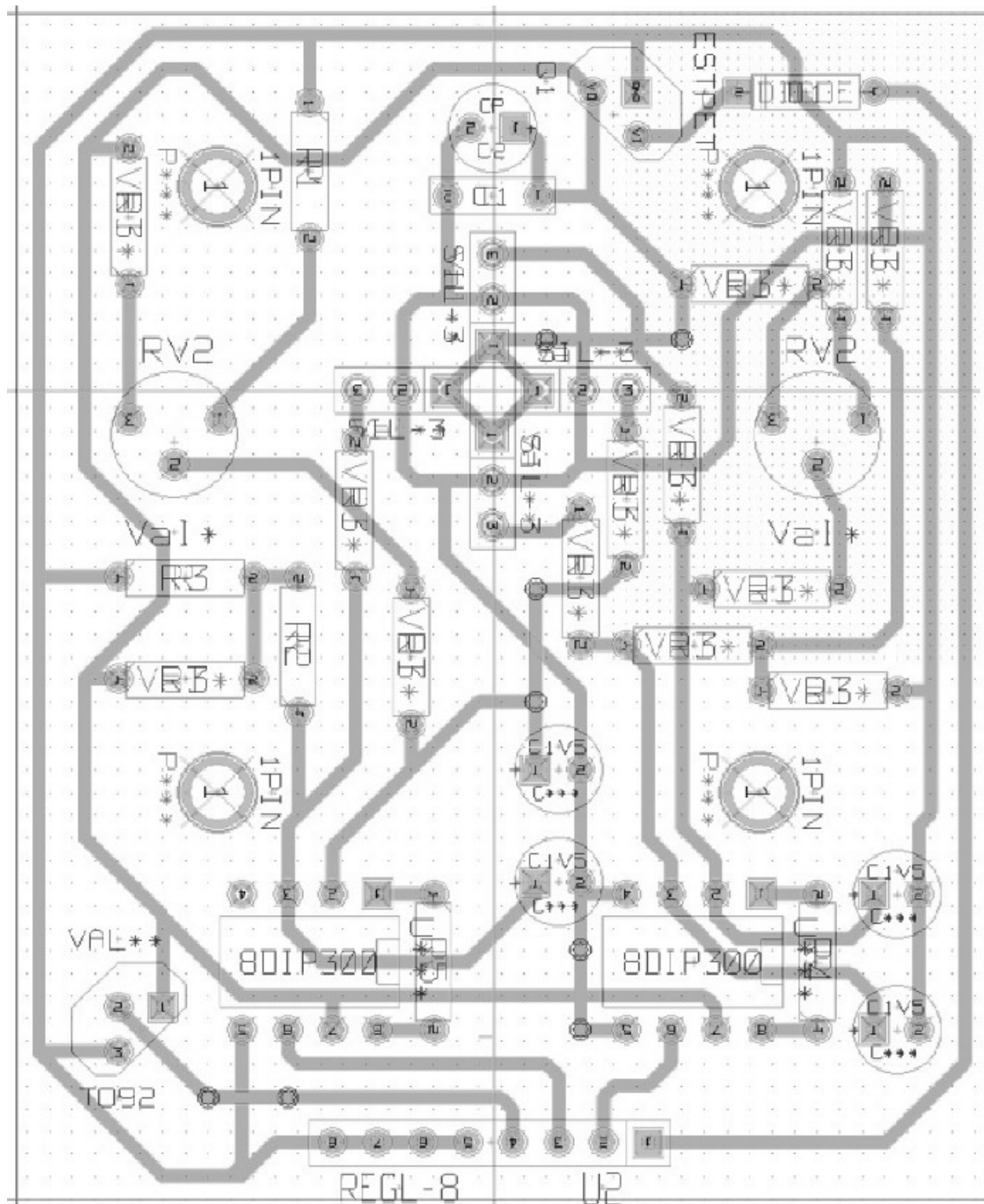
- Tratamiento de la señal. Autor: Francisco Clariá Sancho.
- Introducción a las señales y los sistemas. Autor: Douglas K. Lindner
- Tratamiento digital de señales. Autor: John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis
- Ingeniería de control moderna. Autor: Katsuhiko Ogata.
- Sistemas de control automatico. Autor: B.C. Kuo.
- Sistemas de control. Autor: G.H. Hosteter, C.J. Savant, R.T. Stefani.
- Señales y sistemas. Autor: Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky, S. Hamid Nawab
- Procesamiento de señales analogicas y digitales. Autor: Ashok Ambardar
- Señales y sistemas continuos y discretos. Autor: Samir S. Soliman, Mandyan D. Srinath.
- Sistemas digitales y analógicos, transformadas de fourier, estimación espectral. Autor: Athanasios Papoulis.

Capítol 9. Annexos.

Annex A, circuit electrònic



Annex B, disseny físic del dispositiu.



Annex C, programes utilitzats.**Programa adquisició de dades.**

```
%Sergi Martí Chico
%6-5-10
%brujula .m

function brujula(f0, guardar)

% brujula(f0, guardar)
%
% f0= freqüència de mostreig en Hz
% guardar= 0 no guarda en arxiu, 1 guarda en arxiu

                                % Informació de les targetes de dades
instalades
% daqhwinfo('nidaq')
% ans =
%
%           AdaptorDllName:
'C:\MATLAB\R2006b\toolbox\daq\daq\private\mwnidaq.dll'
%           AdaptorDllVersion: '2.9 (R2006b)'
%           AdaptorName: 'nidaq'
%           BoardNames: {'PCI-6024E' 'PCI-6024E'}
%           InstalledBoardIds: {'1' '2'}
%           ObjectConstructorName: {2x3 cell}

%                               ÉS EL QUE HI HA INSTALAT
```


% OMENÇAMENT DE L'ADQUISICIÓ DE DADES

```

ai = analoginput('nidaq',1);           % id del objecte: 1
ai.InputType = 'SingleEnded';          % Tipus d'entrada
addchannel(ai,[0 1]);                  % afegeix el canal 0 i
                                       % 1 al objecte

ail = analoginput('nidaq',2);          % id del objecte: 2
ail.InputType = 'Differential';         % Tipus d'entrada
addchannel(ail,[0]);

set(ai,'SampleRate',f0);                % freqüència de
                                       % mostreig del sistema
fmuestreo = get(ai,'SampleRate');       % es la freqüència de
                                       % mostreig real

set(ail,'SampleRate',f0);               % freqüència de
                                       % mostreig del sistema
fmuestreo = get(ail,'SampleRate');      % es la freqüència
                                       % de mostreig real

set(ai,'TriggerType','Immediate');
set(ail,'TriggerType','Immediate');
duracion= 180;                          % duració de la pressa de
                                       % dades en segons
muestrastot=floor(duracion*fmuestreo);  % numero total de
                                       % mostres a adquirir

set(ai,'SamplesPerTrigger',muestrastot);
set(ail,'SamplesPerTrigger',muestrastot);

set(ai.Channel(1),'InputRange',[-5 5],'SensorRange',[0 2.5],
'UnitsRange',[0 2.5],'Units','°/s'); % (-)ACH0 y (+)ACH8
set(ail.Channel(1),'InputRange',[-0.5 0.5],'SensorRange',[0
2.5], 'UnitsRange',[0 2.5],'Units','°/s'); % (-)ACH0 y (+)ACH8

```

```
start(ai)
start(a1)
preview=floor(muestrastot/30);    % numero de mostres a
                                visualitzar

figure(1);

subplot(3,1,1), set(gcf,'doublebuffer','on');
p1 = plot(zeros(preview,1));
xlabel('muestras'), ylabel('°/s'),title('volts '), grid on;
subplot(3,1,2), set(gcf,'doublebuffer','on');
p2 = plot(zeros(preview,1));
xlabel('muestras'), ylabel('volts'), grid on;
subplot(3,1,3), set(gcf,'doublebuffer','on');
p5 = plot(zeros(preview,1));
xlabel('muestras'), ylabel('grados (a partir de la
aceleración)'), grid on;

angulo=zeros(preview,1);
k=1;
while (strcmp(ai.Running,'On'))

    while ai.SamplesAcquired < k*preview
        end

        datapik = peekdata(ai,preview);
        datapik1=peekdata(a1,preview);
        cs=datapik;          % acumulador = integrador ideal

        set(p1,'YData',datapik(:,1)),drawnow;
```

```
set(p2,'YData',cs(:,2)),drawnow;
set(p5,'YData',datapik1(:,1)),drawnow;

figur=gco;
if figur== p1
    break
end
k=k+1;
end

disp ('pepe')
[datos,time]=getdata(ai);
stop(ai)
[datos1,time1]=getdata(ai1);
stop(ai1)

figure(2)
dades=median(datos)
dades1=median(datos1)
plot(time,datos),xlabel(' t'), ylabel('voltaje'),grid, zoom;

b=fir1(100,5/50);
c=fir1(100,0.5/50);
dat1=filter(b,1,datos(:,1));
dat2=filter(b,1,datos(:,2));
dat3=filter(c,1,datos1);
temp=(dat3/0.01)-3;
figure(3)
subplot(3,1,1),plot(time,dat1),xlabel(' t'),
ylabel('canal1'),grid, zoom;
subplot(3,1,2),plot(time,dat2),xlabel(' t'),
ylabel('canal2'),grid, zoom;
subplot(3,1,3),plot(time1,temp),xlabel(' t'),
ylabel('temp'),grid, zoom;
```

```
save est3(18-38) dat1 dat2 time temp
```

```
delete(ai)
```

```
clear ai
```

Programa per extreure les dades.

```
% Sergi Marti Chico
```

```
%14/06/2010
```

```
%extreure_dades.m
```

```
load nord1(18-38);
```

```
vartemp=18;
```

```
vartemp1=18.2;
```

```
i=1;
```

```
j=1;
```

```
while(vartemp<=38)
```

```
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
```

```
    canal1=mean(dat1(b));
```

```
    canal2=mean(dat2(b));
```

```
    dades1nord1(i)=canal1;
```

```
    i=i+1;
```

```
    dades2nord1(j)=canal2;
```

```
    j=j+1;
```

```
    vartemp=vartemp+0.2;
```

```
    vartemp1=vartemp1+0.2;
```

```
end
```

```
load nord2(18-38);
```

```
vartemp=18;
```

```
vartemp1=18.2;
```

```
i=1;
```

```
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1nord2(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2nord2(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end

load nord3(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1nord3(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2nord3(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end

load nord4(18-38);
```

```
vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1nord4(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2nord4(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end
```

```
load sud1(18-38);
```

```
vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1sud1(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2sud1(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end
```

```
load sud2(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1sud2(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2sud2(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end
```

```
load sud3(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1sud3(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2sud3(j)=canal2;
    j=j+1;
```

```
        vartemp=vartemp+0.2;
        vartemp1=vartemp1+0.2;
end
load sud4(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1sud4(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2sud4(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end

load est1(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1est1(i)=canal1;
    i=i+1;
```



```
        dades2est1(j)=canal2;
        j=j+1;
        vartemp=vartemp+0.2;
        vartemp1=vartemp1+0.2;
end

load est2(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1est2(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2est2(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end

load est3(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
```

```
        canal2=mean(dat2(b));
        dades1est3(i)=canal1;
        i=i+1;
        dades2est3(j)=canal2;
        j=j+1;
        vartemp=vartemp+0.2;
        vartemp1=vartemp1+0.2;
end

load est4(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dades1est4(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2est4(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end

load oest1(18-38);

vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
```

```
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartempl));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dadesloest1(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2oest1(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartempl=vartempl+0.2;
end
```

```
load oest2(18-38);
```

```
vartemp=18;
vartempl=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartempl));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dadesloest2(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2oest2(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartempl=vartempl+0.2;
end
```

```
load oest3(18-38);
```

```
vartemp=18;
```

```
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dadesloest3(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2oest3(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end
```

```
load oest4(18-38);
```

```
vartemp=18;
vartemp1=18.2;
i=1;
j=1;
while(vartemp<=38)
    b=(find (temp>vartemp & temp<vartemp1));
    canal1=mean(dat1(b));
    canal2=mean(dat2(b));
    dadesloest4(i)=canal1;
    i=i+1;
    dades2oest4(j)=canal2;
    j=j+1;
    vartemp=vartemp+0.2;
    vartemp1=vartemp1+0.2;
end
```

Programa per fer les mitjanes i així poder calcular els polinomis.

```
%sergi Martí Chico
%20/6/2009
% grafiques.m

mitjana_dades1_nord=(mean([dades1nord1;dades1nord2;dades1nord3;d
ades1nord4]));
mitjana_dades1_est=(mean([dades1est1;dades1est2;dades1est3;dades
1est4]));
mitjana_dades1_sud=(mean([dades1sud1;dades1sud2;dades1sud3;dades
1sud4]));
mitjana_dades1_oest=(mean([dades1oest1;dades1oest2;dades1oest3;d
ades1oest4]));

dades1_nord_sense_valor_mig=(mitjana_dades1_nord-
mean(mitjana_dades1_nord));
dades1_est_sense_valor_mig=(mitjana_dades1_est-
mean(mitjana_dades1_est));
dades1_sud_sense_valor_mig=(mitjana_dades1_sud-
mean(mitjana_dades1_sud));
dades1_oest_sense_valor_mig=(mitjana_dades1_oest-
mean(mitjana_dades1_oest));

dades1_valor_mig=(mean([dades1_nord_sense_valor_mig;dades1_est_s
ense_valor_mig;dades1_sud_sense_valor_mig;dades1_oest_sense_valo
r_mig]));
dades1_sense_valor_mig=(dades1_valor_mig-
mean(dades1_valor_mig));
plot(dades1_sense_valor_mig),grid;

mitjana_dades2_nord=(mean([dades2nord1;dades2nord2;dades2nord3;d
ades2nord4]));
mitjana_dades2_est=(mean([dades2est1;dades2est2;dades2est3;dades
```

```

2est4]));
mitjana_dades2_sud=(mean([dades2sud1;dades2sud2;dades2sud3;dades
2sud4]));
mitjana_dades2_oest=(mean([dades2oest1;dades2oest2;dades2oest3;d
ades2oest4]));

dades2_nord_sense_valor_mig=(mitjana_dades2_nord-
mean(mitjana_dades2_nord));
dades2_est_sense_valor_mig=(mitjana_dades2_est-
mean(mitjana_dades2_est));
dades2_sud_sense_valor_mig=(mitjana_dades2_sud-
mean(mitjana_dades2_sud));
dades2_oest_sense_valor_mig=(mitjana_dades2_oest-
mean(mitjana_dades2_oest));

dades2_valor_mig=(mean([dades2_nord_sense_valor_mig;dades2_est_s
ense_valor_mig;dades2_sud_sense_valor_mig;dades2_oest_sense_valo
r_mig]));
dades2_sense_valor_mig=(dades2_valor_mig-
mean(dades2_valor_mig));
figure;
plot(dades2_sense_valor_mig),grid;

vector_temperatura=18:0.2:37.8;

```

Programa per fer la simulació en temps real

```

%Sergi Marti Chico
%26-6-10
%temps_real.m

function brujula(f0, guardar)

    %      Comença adquisició de dades

```

```
ai = analoginput('nidaq',1);
ai.InputType = 'SingleEnded';
addchannel(ai,[0 1]);

ail = analoginput('nidaq',2);
ail.InputType = 'Differential';
addchannel(ail,[0]);

set(ai,'SampleRate',f0);
fmuestreo = get(ai,'SampleRate');

set(ail,'SampleRate',f0);
fmuestreo = get(ail,'SampleRate');

set(ai,'TriggerType','Immediate');
set(ail,'TriggerType','Immediate');
duracion= 0.01;
muestrastot=floor(duracion*fmuestreo);
%set(ai,'SamplesPerTrigger',Inf);
set(ai,'SamplesPerTrigger',muestrastot);
set(ail,'SamplesPerTrigger',muestrastot);

set(ai.Channel(1),'InputRange',[-5 5],'SensorRange',[0 2.5],
'UnitsRange',[0 2.5],'Units','°/s'); % (-)ACH0 y (+)ACH8
set(ail.Channel(1),'InputRange',[-0.5 0.5],'SensorRange',[0
2.5], 'UnitsRange',[0 2.5],'Units','°/s'); % (-)ACH0 y (+)ACH8
% 0 bien ...ai.Channel(1).SensorRange = [-2 2];
c=1;
n=100;
b=fir1(100,5/50);
b=b';
x=zeros(1,n+1);
```

```
x1=zeros(1,n+1);
x2=zeros(1,n+1);
ooo=figure;
while (c<1000)
    start(ai)
    start(ai1)

    [datos,time]=getdata(ai);

    [datos1,time1]=getdata(ai1);

    for i=n:-1:1
        x(i+1)=x(i);
        x1(i+1)=x1(i);
        x2(i+1)=x2(i);
    end
    x(i)=datos(1,1);
    y(c)=x*b;
    x1(i)=datos(1,2);
    y1(c)=x1*b;
    x2(i)=datos1;
    y2(c)=x2*b;

    orden=5;
    coef1=[2.125e-006 -0.0002784 0.01431 -0.3612 4.46 -21.19];

    t=coef1(orden+1);
    for i1=orden:-1:1
        t=coef1(i1)+t*y2(c);
    end
```



```
coef2=[3.007e-006 -0.0004092 0.02222 -0.6048 8.352 -47.63];

t1=coef2(orden+1);
for i2=orden:-1:1
    t1=coef2(i2)+t1*y2(c);
end

y(c)=y(c)-t;
y1(c)=y1(c)-t1;

%comença per dibuixar en graus

t=0:0.01:1;
f0=2;
w1=2*pi*f0;
teta=w1*t;
tetaG=180*teta/pi;
%primer es calibre el dispositiu prenen les mesures del valr
mínim i màxim
%en cada canal aliniant el dispositiu N,E,S,O.
xm=1;           % es el valor mínim en el canal x
xM=3.6;         % es el valor màxim en el canal x
ym=1.15;        % es el valor mínim en el canal y
yM= 3.2;        % es el valor màxim en el canal y

A=(xM-xm);      % amplitut pic a pic de la senyal
sinusoidal del canal x
Am=(xM+xm)/2;   % valor mig de la senyal sinusoidal
del canal x
B=(yM-ym);      % amplitut pic a pic de la senyal
sinusoidal del canal y
Bm=(yM+ym)/2;   % valor mig de la senyal sinusoidal
del canal y
```

```
%x=Am +A/2*cos(teta);          % modelo de señal del canal x
%y=Bm+B/2*sin(teta);          % modelo de señal del canal y
canalx(c)=y1(c)';
canaly(c)=y(c)';
t=time;

    tetarecup(c)=180*unwrap(atan2(A*(canaly(c)-Bm), B*(canalx(c)-
Am)))/pi;
% tetarecup es l'angle recuperat apartir del model
figure(ooo);
plot(tetarecup),title('dirección (teta) recuperada a partir del
modelo simple '),xlabel('s'),ylabel('grados'),grid;

c=c+1;
end

%      -----FI DE LA ADQUISICIÓ DE DADES

delete(ai)
clear ai
```

